

行政院原子能委員會 100 年度
政府科技計畫(期末)成果效益報告
(100.1.1 ~ 100.12.31)

計畫名稱：核電能源系統生命週期之放射性廢棄物管理技術
發展與應用

執行期間：

全 程：自 100 年 01 月 01 日至 103 年 12 月 31 日止

本年度：自 100 年 01 月 01 日至 100 年 12 月 31 日止

主辦單位：核能研究所

目 錄

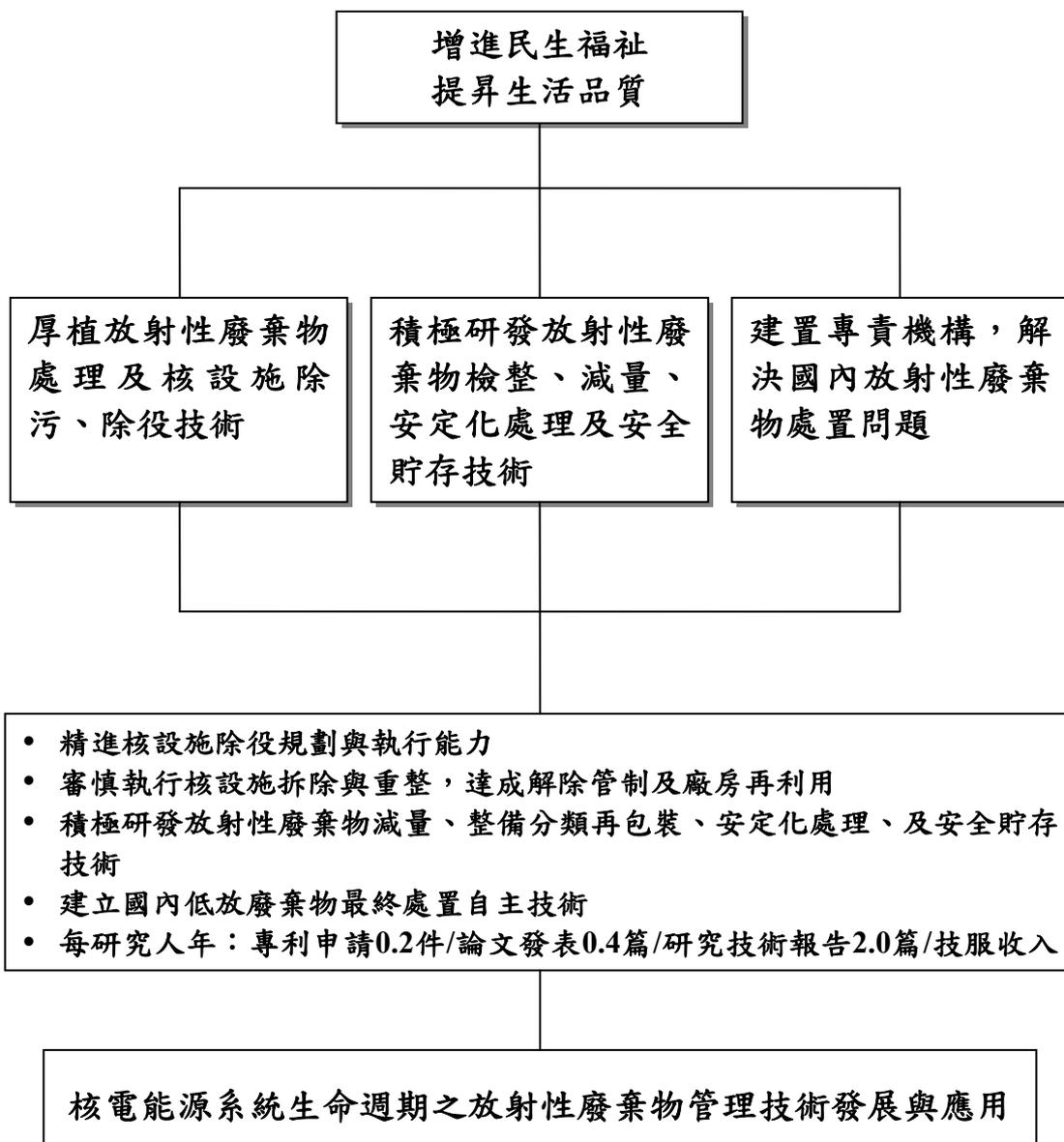
壹、科技施政重點架構圖.....	1
貳、基本資料.....	2
參、計畫目的、計畫架構與主要內容.....	2
一、計畫目的與預期成效.....	2
二、計畫架構(含樹狀圖).....	3
三、計畫主要內容.....	4
四、計畫執行情形及績效成果.....	7
(一)全程目標及執行成果.....	7
(二)工作進度-本年度預期目標及達成情形.....	12
(三)計畫工作項目實施步驟或研究方法.....	16
肆、計畫經費與人力執行情形.....	19
一、計畫經費執行情形：.....	19
(一)計畫結構與經費.....	19
(二)經資門經費表.....	20
二、計畫人力運用情形：.....	21
(一)計畫人力(人年).....	21
(二)主要人力投入情形(副研究員級以上).....	22
伍、計畫已獲得之主要成就與量化成果(output).....	25
一、本計畫主要成果及重大突破.....	25
二、績效指標項目初級產出、效益及重大突破.....	30
陸、評估主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome).....	32
一、學術成就(科技基礎研究)(權重 10%).....	32
二、技術創新(科技整合創新)(權重 25%).....	33
三、經濟效益(產業經濟發展)(權重 25%).....	34
四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重 25%).....	36
五、其它效益(科技政策管理及其它)(權重 15%).....	37
柒、與相關計畫之配合.....	39
捌、後續工作構想之重點.....	40

玖、檢討與展望.....	42
附錄一、佐證資料表.....	45
附錄二、佐證照片圖表.....	56
附錄三、100 年度期中審查意見回覆辦理情形.....	68
附錄四、100 年度期末審查意見回覆.....	69

第二部分：政府科技計畫成果效益報告

壹、科技施政重點架構圖

策略績效目標
——
績效衡量指標
——
執行措施
(綱要計畫)



貳、基本資料

計畫名稱：核電能源系統生命週期之放射性廢棄物管理技術發展與應用

主持人：莊文壽

審議編號：100-2001-02-癸-03

計畫期間(全程)：100年01月01日至103年12月31日

計畫目前執行：100年01月01日至100年12月31日

年度經費：74,580千元 全程經費規劃：390,430千元

執行單位：核能研究所

參、計畫目的、計畫架構與主要內容

一、計畫目的與預期成效

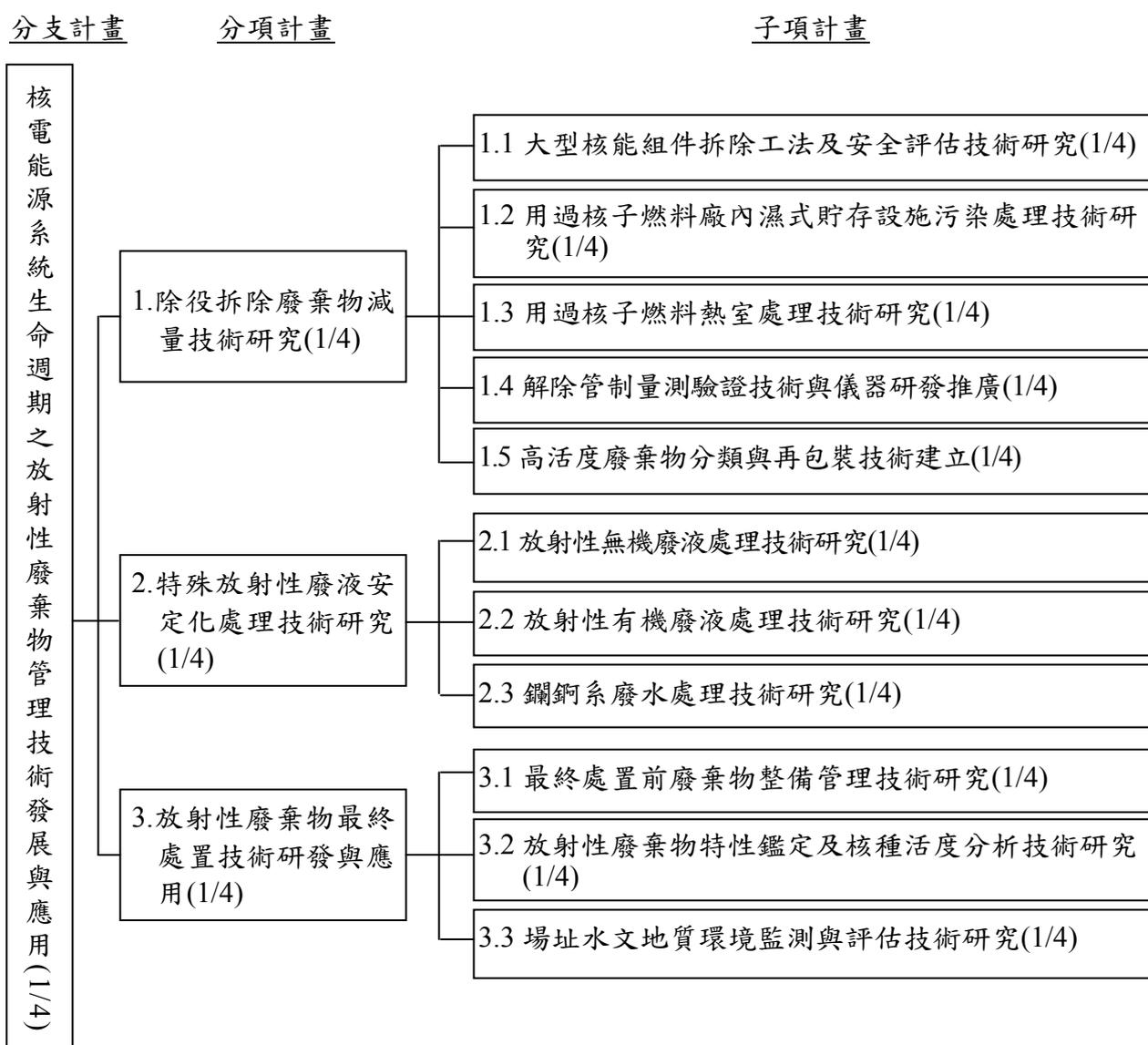
本計畫主要為開發核電能源系統生命週期所需放射性廢棄物管理相關技術，其策略為先期藉由核研所現有設施進行研究發展及建立核心技术，逐一完成停用核設施拆清及積貯難處理放射性廢棄物處理，以解決國內實際問題為目的，並透過實務歷練累積經驗，將所建立技術應用於國內核能電廠現有機組運轉與維修，以及未來除役等相關之廢棄物管理技術所需。技術研發務求技術合於落實應用並發揮：(I)系統設備拆除作業源頭減量，減少放射性廢棄物處置數量；(II)增進放射性廢棄物管理效能，妥善處理與安全貯存放射性廢棄物；(III)提昇處置場障壁設施安全功能，確保放射性廢棄物最終處置設施可靠度。達到安全管理放射性廢棄物，維護環境生態品質及確保民眾健康，消除社會大眾對核電產生放射性廢棄物管理安全疑慮。計畫目標如下：

- 建立自主的核設施拆除清理技術能力，應用於本所研究用反應器設施拆除及用過核子燃料與高活度污染設施處理，並貢獻於核電廠未來除役之技術需求。
- 建立解除管制之相關量測與認證技術，並發展大型量測儀器，使大部份廢棄物中符合法規外釋限值，以達成外釋或資源再利用之目的。
- 積極研發放射性廢棄物減量、安定化處理、及安全貯存技術，開發高效、可靠的處理方法及設備，解決本所設施拆除及積貯難處理之廢棄物等問題，技術與運轉經驗可應用於國內核電廠廢棄物處理需求。
- 建立我國放射性廢棄物最終處置前分類處置安全管理技術及發展場址水文地質環境監測技術，確保處置安全；並提昇最終處置關鍵核種

分析技術，降低偵測下限節省處置成本。

二、計畫架構(含樹狀圖)

本計畫係配合政府施政藍圖，依據原子能委員會科技發展重點策略方向，另為配合達成本所的任務需要相關法規要求，以及確保核能發電的運轉與維修及未來除役時所產生之放射性廢棄物發揮「安全」及「減廢」兩項永續發展前提，減少帶給環境的衝擊與負荷，爭取民眾之信賴，規劃自 100 年度至 103 年度全程四年期程，推動「核電能源系統生命週期之放射性廢棄物管理技術發展與應用」分支計畫，執行「除役拆除廢棄物減量技術研究」、「特殊放射性廢液安定化處理技術研究」及「放射性廢棄物最終處置技術研發與應用」等三個分項計畫，計畫架構如下：



三、計畫主要內容

本計畫主要針對解決實際問題為導向，進行研究發展建立核心技術為訴求，現階段分別聚焦於發展核電能源系統生命週期所需放射性廢棄物管理相關技術，藉由本所執行核設施除役開發實務需求技術，以及開發針對性有效技術解決各類放射性廢棄物處理與處置問題，執行過程並適時因應國內核電廠之需求給予技術協助，進而應用於核電未來除役之廢棄物管理；同時累積實務經驗與知識，為未來協助核能電廠除役儲備技術能力與人力資源需求。本計畫整合了除役、除污，以迄廢棄物之處理、檢整、清潔釋出與處置等上自廢棄物之源頭，下至其最終歸宿等所有上、中、下游相關技術之研發，計畫主要執行內容如下：

(一)除役拆除廢棄物減量技術研究

本分項計畫分成 5 個子項計畫，分別研究本所研究用反應器 (Taiwan Research Reactor, 簡稱 TRR) 等既有大型核能組件拆除關鍵技術、用過核子燃料濕式貯存設施與高活度污染設施處理方法、解除管制之量測與評估技術，以及高活度廢棄物分類與再包裝等技術，研擬清除工法並審慎執行，以確保高污染設施及未來爐體拆除工作之安全，抑低除役廢棄物量，並配合知識管理需求建立除役 e 化管理系統，除確保 TRR 爐體拆除期間之輻射安全外，並達到除役廢棄物減量的目的。目標在於建立自主之大型核能組件除役規劃、拆除工法、數位工程模擬技術、廢棄物管理等技術，其技術及經驗可為國內核反應器除役之範例。

1. 大型核能組件拆除工法及安全評估技術研究：針對大型核能組件，建立拆除工法及數位工程模擬，執行拆除工程安全評估，完成水質過濾淨化及遙控切割吊運技術之研究發展，並對大型核能組件拆除所需之設施和設備提出概念設計，提供適合之拆除工法及拆除機具技術。
2. 用過核子燃料廠內濕式貯存設施污染處理技術研究：針對本所相關高污染設施建立設備拆解、燃料池池水淨化與污染清除技術，以及高污染廢棄物安定化與安全貯存技術，並審慎執行，降低污染擴散之風險，抑低除役廢棄物量。
3. 用過核子燃料熱室處理技術研究：配合國內核能電廠提升核子燃料運轉績效與本所 TRR 燃料池清理等規劃，熱室須配合更新改進

現有用過核子燃料處理之設備與技術，建立用過核子燃料切割、重新裝罐與焊接密封及洩漏測試、TRR 用過核燃料與燃料池鈾泥安定化處理、中子鈾鈾量測等技術；同時配合計畫工作推行之新設備開發及新技術的研究。

4. 解除管制量測驗證技術與儀器研發推廣：建立解除管制量測標準以及大型量測儀具追溯技術、建立解除管制量測實驗室認證技術規範及推動解除管制量測技術認證作業、研發國內大型放射性廢棄物解除管制量測儀器與技轉並建立我國儀器製造能力，達成外釋或資源再利用之目的，以確保我國除役廢棄物管理之經濟性、安全性與可靠性。
5. 高活度廢棄物分類與再包裝技術建立：本所 TRR 及其他實驗室運轉產生高活度固體放射性廢棄物，長期暫存於 015D 地下庫，現以此庫既存廢棄物為標的，開發高活度廢棄物整備分類與再包裝所需遙控取出、屏蔽工程及再包裝之技術，徹底清點、整備分類與再包裝，妥善處理後予以安全貯存。

(二)特殊放射性廢液安定化處理技術研究

本分項分成 3 個子項計畫，目的在研究開發核能工業及醫研等國內不可或缺的領域所產生或積貯之多樣難處理特殊放射性廢液進行減容與安定化處理，分別開發有效之放射性無機、有機廢液針對性處理技術；研究含鏷鈾系元素放射性廢液降級處理技術；開發無機含氫廢液非氫核種去除技術與研擬排放之處理模式等，達成減量及安全貯存之廢棄物管理要求，維護環境輻射安全。

1. 放射性無機廢液處理技術研究：Mo-99 製程所產生之廢液自民國 77 年貯存於不銹鋼桶中，年久有腐蝕外漏潛在危害，該廢液具高輻射劑量率及 TRU 核種，包括強酸及萃取劑，須發展針對性處理技術，建立強酸及廢萃取劑處理、TRU 安定化之方法與技術，逐桶完成 18 桶廢液處理。另針對本所待處理之高導電度無機含氫廢液，開發節能蒸發濃縮程序，建立非氫核種去除處理技術，確保貯存安全。
2. 放射性有機廢液處理技術研究：本所接收自全國小產源之放射性有機廢液，數量累積迄今已達約 100 公秉，且每年持續增加中；核電廠運轉與除污過程中不免會產生放射性有機廢液，若不做處

理直接貯存，一來無法送往最終處置場，再者廢液可能會因長期貯存而逐漸變質劣化，對環境具有潛在危害性，若利用直接焚化處理，不僅耗費能源，同時將產生大量之二次廢棄物，故須研發有效之處理技術予以安定化。

3. 鑷鈾系廢水處理技術研究：針對廢液中難以分離之微量元素(核種)，研發一種簡單、有效率的處理程序與技術，藉由先分離鑷鈾系元素，將原有的廢液降級使達到一般放射性廢液處理標準，並將其應用於超 C 類廢樹脂處理過程所產生含 TRU 核種廢液之吸附，俾利後續廢樹脂得以濕式氧化法進行減容與安定化處理。

(三)放射性廢棄物最終處置技術研發與應用

國內低放射性廢棄物最終處置正進行選址工作，為配合管制單位的管制技術需求與可能的處置時程，本分項分成 3 個子項計畫，以建立處置障壁系統模擬實驗與驗證技術，藉由解決國內電廠外之小產源放射性廢棄物處置問題，開發用過核子燃料最終處置障壁功能評估為任務目標，進行相關技術研究建置放射性廢棄物處置安全之關鍵技術，以利處置場興建工程如期開展。並配合最終處置場接收要求，評估及建立廢棄物特性鑑定技術，與改良現有核種分析技術，提昇靈敏度增加應用效益。同時針對場址進行全面與長期之環境水文地質監測，建立防堵外釋措施阻絕污染擴散，維護環境輻射安全。

1. 最終處置前廢棄物整備管理技術研究：本計畫以開發國內小產源放射性廢棄物處置問題為任務目標，發展最終處置障壁系統模擬實驗與分區處置安全分析驗證技術，以及進行建置廢棄物檢整分類設施為重點工作，據以開發最終處置前之分類管理技術。相關技術研究除提供做為國內即將誕生唯一之低放處置場應用外，所開發之技術並可精進至用過核子燃料最終處置之研發。
2. 放射性廢棄物特性鑑定及核種分析技術研究：針對用過核子燃料廠內之高活度放射性污染廢棄物，包括廢樹脂、鈾粉、池水及池壁，建立污染核種及相關特性分析及前處理技術，提供完整之活度盤存調查資料及分析數據，作為設施清理、貯存及處理作業過程決策依據，使相關廢棄物管理工作能於符合法規要求及輻射作業安全前提下完成。並針對最終處置場設計之需進行安全評估之

重要關鍵核種之建立分析技術或改良分析方法，達到更佳之偵測下限及更高可信度，於應用於廢棄物分類接收標準或最終處置場工程障壁設計時，可以更為精準並減少因分析不確定度造成之保守估算。

3. 場址水文地質環境監測與評估技術研究：針對環境設施場址，發展全面與長期之環境水文地質監測與評估技術，以適時提供阻絕設施影響環境水文地質不利因子之評估方法與程序，將針對現有可能污染案例建立評估方法與程序，並實際演練評估防堵與避免輻射物質污染擴散之展示案例。將提供環境設施水文地質監測有效之系統分析技術，達成保護優質地域之目標。

四、計畫執行情形及績效成果

(一) 全程目標及執行成果

全程目標	執行成果	差異分析
一、建立自主的核設施拆除清理技術能力，應用於本所研究用反應器設施拆除及用過核子燃料與高活度污染設施處理，並貢獻於核電廠未來機組更新或除役之技術需求。	1. 大型核能組件拆除工法及安全評估技術研究 (1) 完成鑽石索鋸混凝土塊切割實驗和鑽石索鋸水中切割金屬試片實驗二次；彙整實驗數據、經驗及結果並整理成所內報告。 (2) 完成 TRR 反應槽氬氣檢測作業程序書，並經職安會同意備查；經由抽氣取樣和分析過程評估反應槽內氬氣殘存量及研擬評估適當減量措施。 (3) 鬆動大型組件所需「組件鬆動設備」完成概念設計。 (4) 完成水質過濾淨化技術研究文獻蒐集，並配合鑽石索鋸混凝土塊切割及水中金屬切割實驗，蒐集切割碎屑及切割水樣品，完成粒徑分析、顯微鏡觀察等分析工作並發展水質過濾淨化系統概念。 (5) 完成國內外遙控吊運文獻彙整，建立天車動態分析和控制器設計，探討磨擦力問題、定位控制和搖擺抑制，設計實驗模擬驗證，並將控制成果與傳統天車的操控模式進行分析與比較。 (6) 完成 100 年度 012 館及 074 館建築物構造及 TRR 爐體現況變位測量，與歷	符合預期進度

全程目標	執行成果	差異分析
	<p>年測量數據相比較及評估，結果均為無明顯傾斜或變位情況。</p> <p>2.用過核子燃料廠內濕式貯存設施污染處理技術研究</p> <p>(1)完成建置水中固體微粒去除實驗設備。</p> <p>(2)完成燃料池池壁塗漆測試報告。</p> <p>(3)完成燃料池水下超音波清洗機 Solid-Works 圖檔，完成「TRR 燃料池池中池及超音波清洗機拆除規劃報告」。</p> <p>(4)完成「燃料池廠房負壓隔離空調系統設計及建造案」，於 12 月 12 日完成驗收作業。</p> <p>(5)「燃料池屋頂防漏改善工程案」11 月 29 日完成結報作業。「燃料池屋頂防漏改善工程委託規劃設計監造」案，12 月 5 日完成驗收作業。</p> <p>3.用過核子燃料熱室處理技術研究</p> <p>(1)建立熱室內 Neutron Coincidence Counter (NCC)量測 TRR 用過燃料棒安定化粉末之分析與評估技術，完成「TRR 用過燃料鈾含量非破壞性檢測研究」報告。</p> <p>(2)完成「TRR 燃料安定化-鈾粉安定化程序驗證測試計畫書」之撰寫、審查與核備。及完成清理熱室 91 檯面 1.5m x 1.5m 之空間作為鈾粉罐暫貯區。</p> <p>(3)完成 5 根(第 19-23 支)TRR 燃料棒熱室安定化處理與 25 罐安定化粉末罐之 BPC 鈾量量測作業。</p>	<p>符合預期進度</p> <p>符合預期進度</p>
<p>二、建立解除管制之相關量測與認證技術，並發展大型量測儀器，使大部份廢棄物中符合法規外釋限值，以達成外釋或資源再利用之目的。</p>	<p>解除管制量測驗證技術與儀器研發推廣</p> <p>(1)完成 TDCR 技術對於 C-14, H-3 核種之實驗驗證；及 Sr-90 核種分別在 PerkinElmer 之 Ultima-Gold AB、Ultima-Gold LLT、以及 HiSafe-3 等閃爍液中之穩定性測試。</p> <p>(2)完成 TDCR 直接計測技術對於純貝他核種 Sr-90 活度校正與驗證之實驗，與射源原廠校正值比較，低活度樣品高出 1.6%，中活度樣品高出 0.6%，結果良好。</p> <p>(3)完成利用既有方型及桶型標準件組合，模擬製作大型物件體射源，體積</p>	<p>符合預期進度</p>

全程目標	執行成果	差異分析
	<p>由 314L 至 2314L 共 8 個。</p> <p>(4)利用可移動式加馬活度量測系統 (ISOCART)對 55 加侖水泥校正桶進行整桶加馬活度及大型物件體計測實驗，並完成該系統效能評估；其量測結果分別與 CANBERRA 系統及 4π 閃爍體偵檢器數據進行比對，差異都在 15%之內。</p> <p>(5)完成「可移動式現場活度量測系統」建立及操作人員訓練，以 55 加侖桶型、箱型液体混合射源及玻璃材質校正桶測試系統穩定性。</p> <p>(6)完成「大型物件量測標準作業程序書」。</p> <p>(7)完成自製抽拉式箱型量測箱體結構設計、箱體製作及屏蔽鉛體施工，採用 6 組偵檢器，嵌入式設計；已完成箱體與研華 PCI-1760 I/O 卡與箱體關門待測感知 sensor 及 ADAM-3937 端子板與工業電腦的連線測試工作。</p> <p>(8)移動式簡易門框偵檢器之改造及安裝，左右各 3~5 組 PRM-5A 偵檢機組 (整修完成的 DG-5 偵檢器)組成完畢。</p> <p>(9)協助完成「台灣研究用反應器緊急水塔拆除產生之混凝土塊外釋計畫」計畫書，並進行外釋作業桶型抽樣量測 34 桶，另職安會進行抽測 6 桶，檢測結果皆符合外釋標準。</p>	
<p>三、積極研發放射性廢棄物減量、安定化處理、及安全貯存技術，開發高效、可靠的處理方法及設備，解決本所設施拆除及積貯難處理之廢棄物等問題，技術與運轉經驗可應用於國內核電廠廢棄物處理需求。</p>	<p>1.高活度廢棄物分類與再包裝技術建立</p> <p>(1)完成高活度廢棄物分類與再包裝等整備技術之規劃。</p> <p>(2)完成移動式空氣除污抽氣過濾裝置建置。</p> <p>(3)完成高活度放射性廢棄物天車遙控多節式抓取裝置及附屬設備建置。備供接續年度進行地下貯存高活度廢棄物取出、分類與再包裝整合測試。</p> <p>2.放射性無機廢液處理技術研究</p> <p>(1)完成降膜式蒸發器熱能之測試，蒸汽效益約 70%；除霧器精進改善及冷卻水熱交換器修改配管，以導電度約 6.8mS/cm 氯化鈉溶液進料測試，餾出液導電度約 50μS/cm 以下，餾出液溫</p>	<p>符合預期進度</p> <p>符合預期進度</p>

全程目標	執行成果	差異分析
	<p>度可降至常溫。實驗型高導電度廢液蒸發設備熱試車計畫書經本所職安會同意備查。</p> <p>(2)完成 3 桶有機廢萃取劑之取出，並進行清洗實驗，以 0.3M/0.5M 碳酸鈉溶液清洗有機廢萃取劑實驗，β 核種達到接收標準，α 核種去除率約 90%。</p> <p>(3)Mo-99 處理設備增加 CCTV 控制並測試完成，核種吸附劑改用 DT-30A 以減低耗材費用，使處理作業更安全及有效率。</p> <p>(5)完成 6 桶無機強酸廢液之研究處理。</p> <p>(6)完成含氫廢液氣態排放模式可行性評估報告，以 10 m³/s 排氣量之煙囪方式排放時，則年排放含氫廢液約為 1.7×10¹⁰ Bq。</p> <p>3.放射性有機廢液處理技術研究</p> <p>(1)完成 T-61 儲槽放射性有機廢液採集分析與安定化處理策略訂定。</p> <p>(2)完成放射性有機廢液各類處理方法測試報告。</p> <p>4.鏷銅系廢水處理技術研究</p> <p>(1)完成吸附劑 AC-5B 製程，包含製備、清洗、過濾、烘乾、粉碎、造粒、燒結。並完成 1kg 及 4kg 級生產設備建置及試製。</p> <p>(2)完成吸附劑 AC-5 及 AC-5B 吸附效能測試，對鏷銅系廢水處理效果皆能達到吸附效率 99% 以上。</p> <p>(3)完成吸附劑 AC-5B 生產 200kg 供廢棄物處理廠，處理洗滌廢液共處理 20 公噸，Cs-137 處理前 2210Bq/L，處理後 5Bq/L，DF 值 442。</p> <p>(4)完成磁性吸附劑 MG-1 之製備方法及初步性能測試。</p>	<p>符合預期進度</p> <p>符合預期進度</p>
<p>四、建立我國放射性廢棄物最終處置前分類處置安全管理技術及發展場址水文地質環境監測技術，確保處置安全；並提昇最終處置關鍵核種分析技術，降低偵測下限節</p>	<p>1.最終處置前廢棄物整備管理技術研究</p> <p>(1)依據國際 IAEA WIRKS 相關標準進行國際現況發展研究，並配合相關標準制定完成「源項交運清單項目清冊報告書」之報告書一冊之撰寫，俾利後續小產源放射性廢棄物管理技術發展與應用。</p> <p>(2)進行國內小產源處置源項交運資料庫</p>	<p>符合預期進度</p>

全程目標	執行成果	差異分析
省處置成本。	<p>系統需求規範分析，包含廢棄物裝運物資訊(Shipment Information)等五大需求資訊；及系統架構規劃，包含系統架構組成等三項。</p> <p>(3)依蒐集之國內相關法令要求，與檢整相關工作經驗，及日本的處置前整備作業經驗與資料彙整，進行國內小產源固化體處置前整備作業之流程規劃，並完成小產源整備作業之初期規劃報告，內容含流程與設備及時程之規劃。</p> <p>2.放射性廢棄物特性鑑定及核種活度分析技術研究</p> <p>(1)蒐集最終處置接收規範，瞭解相關規定及比較各國最終處置接收標準中有害物允許限值及分析技術標準與相關環保法規要求關係。</p> <p>(2)針對 TRU 等難測核種之分析技術進行改善分析穩定性與降低偵測下限之研究，以提升廢棄物分類所需分析技術。</p> <p>(3)針對核設施清理廢棄物及燃料池池水淨化效果試驗，建立分析方法、技術，以提供相關處理效能評估。</p> <p>(4)建立具放射性物料材質及特性鑑定分技術，包含 XRD、SEM/EDX、ICP-AES 等工具整合應用，作為研究相關處置母岩成分、電廠材料、管路銹垢等重要工具及方法。</p> <p>3.場址水文地質環境監測與評估技術研究</p> <p>(1)完成場址水文地質環境監測需要之地下水水位、活度取樣分析，與復育抽水設備之抽水查驗。</p> <p>(2)完成地下水核種遷移之模擬與評估報告。</p>	<p>符合預期進度</p> <p>符合預期進度</p>

(二)工作進度-本年度預期目標及達成情形

年度預期目標	達成情形	差異分析
<p>一、除役拆除廢棄物減量技術研究</p> <p>(一)大型核能組件拆除工法及安全評估技術研究</p> <p>1.建立大型核能組件拆除工法</p> <p>2.建立高活度大型核能組件切割水質過濾淨化技術</p> <p>3.建立高活度設施拆除所需之遙控吊運技術</p> <p>(二)用過核子燃料廠內濕式貯存設施污染處理技術研究</p> <p>1.水中固體微粒沈降與濾除技術開發與設備建置</p> <p>2.燃料池壁除污技術與工法驗證</p> <p>3.建立燃料池內設備拆除技術</p> <p>4.建立高污染隔離負壓通風系統</p>	<p>1-1.完成鑽石索鋸混凝土塊切割實驗和鑽石索鋸水中切割金屬試片實驗；彙整實驗數據、經驗及結果。</p> <p>1-2.完成 TRR 反應槽氫氣檢測作業程序書，並經職安會同意備查；經由抽氣取樣和分析過程評估反應槽內氫氣殘存量及研擬評估適當減量措施。</p> <p>1-3.完成鬆動大型組件所需「組件鬆動設備」概念設計。</p> <p>2-1.蒐集水質過濾淨化技術文獻資料。</p> <p>2-2.配合鑽石索鋸混凝土塊切割實驗和鑽石索鋸水中切割金屬試片實驗，分析切割碎屑及水質樣本。並完成粒徑分析、顯微鏡觀察等分析工作及發展水質過濾淨化系統概念。</p> <p>3-1.完成國內外遙控吊運文獻彙整、天車動態分析、控制器設計及摩擦力問題評估。</p> <p>3-2.完成天車定位控制、搖擺抑制及路徑規劃模擬並將控制成果與傳統天車的操控模式進行分析與比較。</p> <p>1-1.完成建置水中固體微粒去除實驗設備。</p> <p>1-2.利用不同孔徑之無機濾材處理實際燃料池水樣 50 L。</p> <p>2-1.完成燃料池池壁塗漆測試報告。</p> <p>3.完成燃料池水下超音波清洗機 Solid-Works 圖檔，完成撰寫「TRR 燃料池池中池及超音波清洗機拆除規劃報告」。</p> <p>4-1.「燃料池廠房負壓隔離空調系統設計及建造案」，12月1日完成軟體及電盤的修改，於12月7日、12月8日進行系統操作教育訓練，12月12日完成驗收作業。</p> <p>4-2.「燃料池屋頂防漏改善工程案」11月29日完成結報作業。「燃料池屋頂防漏改善</p>	<p>達成度：<u>100%</u></p> <p>達成度：<u>100%</u></p>

年度預期目標	達成情形	差異分析
<p>(三)用過核子燃料熱室處理技術研究</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.建立用過核燃料成份同位素熱室非破壞性分析方法 2.鈾泥(粉)安定化處理試作與驗證 3.執行 5 根 TRR 燃料棒熱室安定化處理 	<p>工程委託規劃設計監造」案，12 月 5 日完成驗收作業。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.完成建立熱室內 Neutron Coincidence Counter (NCC)量測 TRR 用過燃料棒安定化粉末之鈾鈾量分析與評估技術。 2.完成「TRR 燃料安定化-鈾粉安定化程序驗證測試計畫書」審查核備與執行準備，並已併同「鈾粉清理安全評估報告」提報主管機關核備中。 3.完成調整年度計畫目標下修年度執行 5 根燃料棒熱室安定化處理，完成 5 根(第 19-23 支)TRR 燃料棒熱室安定化作業。 	<p>達成度：<u>100%</u></p>
<p>(四)解除管制量測驗證技術與儀器研發推廣</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.完成解除管制難測核種(貝他)之校正及追溯技術建立 2.完成現場量測系統校正標準件(加馬、貝他)製作 3.完成大型物件現場量測程序建立及量測系統校正標準件(加馬、貝他)製作 	<p>1-1.完成 TDCR 技術對於 C-14, H-3 核種之實驗驗證；及 Sr-90 核種分別在 PerkinElmer 之 Utima-Gold AB、Utima-Gold LLT、以及 HiSafe-3 等閃爍液中之穩定性測試。</p> <p>1-2.完成 TDCR 直接計測技術對於純貝他核種 Sr-90 活度校正與驗證之實驗，與射源原廠校正值比較，低活度樣品高出 1.6%，中活度樣品高出 0.6%，結果良好。</p> <p>2-1.完成利用既有方型及桶型標準件組合，模擬製作大型物件體射源，體積由 314L 至 2314L 共 8 個。</p> <p>2-2.利用可移動式加馬活度量測系統 (ISOCART)對 55 加侖水泥校正桶進行整桶加馬活度及大型物件體計測實驗，並完成該系統效能評估；其量測結果分別與 CANBERRA 系統及 4π 閃爍體偵檢器數據進行比對，差異都在 15%之內。</p> <p>3-1.完成「可移動式現場活度量測系統」建立及操作人員訓練，以 55 加侖桶型、箱型液体混合射源及玻璃材質校正桶測試系統穩定性。</p> <p>3-2.完成「大型物件量測標準作業程序書」。</p>	<p>達成度：<u>100%</u></p>
<p>(五)高活度廢棄物分類與再包裝技術建立</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.完成高活度廢棄物遙控取出、傳送設備建立 2.完成高活度廢棄物傳送 	<ol style="list-style-type: none"> 1.完成高活度放射性廢棄物天車遙控多節式抓取裝置建置。 2.完成高活度廢棄物傳送容器、再包裝容器 	<p>達成度：<u>100%</u></p>

年度預期目標	達成情形	差異分析
2. 進行於無機載體材料表面直接修飾實驗	2. 完成吸附劑與載體結合造粒及燒結，計有 AC-5B、AC-5C、AC-5W、AC-5K，經評估以 AC-5B 較實用。	
<p>三、放射性廢棄物最終處置技術研發與應用</p> <p>(一)最終處置前廢棄物整備管理技術研究</p> <p>1. 完成特定核種在潛在母岩障壁之傳輸參數實驗</p> <p>2. 完成最終處置源項交運清單與資料庫系統建置之規劃</p> <p>3. 提出檢整作業設施初步規劃</p> <p>(二)放射性廢棄物特性鑑定及核種活度分析技術研究</p> <p>1. 建立廢樹脂、鈾粉、池水及池壁相關廢棄物之難測核種前處理、分離、濃縮標準作業程序</p> <p>2. 建立高選擇性樹脂分離超鈾核種及 Tc-99 之前處理與分離最佳操作條件</p> <p>3. 完成阿伐能譜儀/液態閃爍計數儀對 TRU 核種計測最佳條件之技術規範</p> <p>4. 完成現有處置場接收標準調查及有害物質種類</p>	<p>1. 利用在台東南田地區取得的硬頁岩及現地水樣，進行水飽和後之完整硬頁岩的擴散係數試驗，所得數值在 $10E-20$ m/sec 以下，此數值較銻離子擴散於粉碎樣品慢 10 個數量級以上，相信對我國日後進行現地實驗具有極高的參考價值。</p> <p>2. 依據國際 IAEA WIRKS 相關標準進行國際現況發展研究，並配合相關標準制定完成「源項交運清單項目清冊報告書」之報告書一冊之撰寫，俾利後續小產源放射性廢棄物管理技術發展與應用。亦完成國內小產源處置源項交運資料庫系統需求規範分析，包含廢棄物裝運物資訊 (Shipment Information) 等五大需求資訊；及系統架構規劃，包含系統架構組成等三項。</p> <p>3. 依蒐集之國內相關法令要求，與檢整相關工作經驗，及日本的處置前整備作業經驗與資料彙整，進行國內小產源固化體處置前整備作業之流程規劃，並完成小產源整備作業之初期規劃報告，內容含流程與設備及時程之規劃。</p> <p>1. 針對核設施燃料池池水處理後核種活度分析與移除效率判定，建立 TRU 核種前處理分離、分析方法等作業程序，以協助評估最適處理方法。</p> <p>2. 針對 TRU 等難測核種之分析技術進行改善分析穩定性與降低偵測下限之研究，以提升廢棄物分類所需分析技術。</p> <p>3. 進行 LSC/alpha spectrometry 等不同儀器對 TRU 核種之最佳計測條件研究及測試。</p> <p>4. 蒐集最終處置接收規範，瞭解相關規定及比較各國最終處置接收標準中有害物允許</p>	<p>達成度：<u>100%</u></p> <p>達成度：<u>100%</u></p>

年度預期目標	達成情形	差異分析
及濃度限值調查 (三)場址水文地質環境監測與評估技術研究 1.完成建置環境水文地質監控基礎設施 2.發展長期地下水水位與地表水文、地下水核種特性之監測技術	限值及分析技術標準與相關環保法規要求關係。 1.建置地下水傳輸整治水力設備，並進行環境水文地質監控，符合進度。 2.發展地下水監測與分析技術，完成活度 513 樣次、水位 1326 井次、抽水復育之抽水井查驗 2610 井次、地下水水位連續監測 17 口、追蹤試驗與分析 3 組與流速流向分析 15 組、地下水流場模擬 1 組與地下水傳輸潛勢之評估等。	達成度： <u>100%</u>

(三)計畫工作項目實施步驟或研究方法

工作項目	實施步驟及方法
(一)大型核能組件拆除工法及安全評估技術研究	1.配合大型核能組件拆除所需工法，執行相關切割實驗以驗證工法適用性，同時對拆除物件進行氬氣偵檢可降低未來拆除及廢棄物檢整不確定性，規劃適當的輻射防護措施可提高工法可行性。 2.蒐集水質過濾淨化技術文獻資料，配合切割實驗獲得相關數據及分析，提出濕式切割所需水質過濾淨化系統概念。 3.發展天車系統動態模型，設計控制器，並以模擬及實驗方式探討控制系統穩定性，以建立遙控吊運技術。
(二)用過核子燃料廠內濕式貯存設施污染處理技術研究	1.廢樹脂：(1)彙整廢樹脂完成清洗數量及分析結果；(2)規劃廢樹脂盛裝容器需求規格及分裝運貯程序相關設備；(3)完成廢樹脂盛裝容器採購規範與採購招標；(4)盛裝容器申請文件彙整及編寫。 2.鈾粉：撰寫 TRR 燃料池鈾粉清理安全評估報告。 3.池水：(1)利用不同孔徑之無機濾材 (5, 0.9, 0.2 m) 處理實際燃料池水樣 5~10L；(2)分析淨化後水質與殘留核種活度；(3)測試無機濾材之處理極限與評估二次廢棄物體積。 4.池壁：(1)燃料池池壁塗漆測試；(2)燃料池池壁空浮監測模擬。 5.「燃料池負壓隔離空調系統設計及建造案」、「燃料池屋頂防漏改善工程案」招標，進行現場施作。建立高污染設施獨立負壓隔離空調系統，確保污染不致擴散。
(三)用過核子燃料熱室處理技術研究	1.TRR 燃料安定化依照之前所建立之技術完成燃料棒安定化作業，目前燃料棒安定化作業程序依序為：重裝罐傳送進熱室 90→取出燃料棒傳入熱室 91→燃料棒秤重作

工作項目	實施步驟及方法
	<p>業→切割燃料棒取出鈾棒(或鈾粉或殘段)→收集鈾料秤重→高溫安定化(共兩階段：第一階段 400°C 48 小時、第二階段 500°C 6 小時)→秤重→再次高溫安定化(接收標準)→裝罐秤重→中子鈾銻量測作業→裝入粉末外罐→封鐸及測漏作業→傳入清潔罐→運送至工程組貯存護箱。</p> <p>2. 參照燃料棒運送規範訂定鈾泥罐運送至熱室之程序建立，配合鈾泥鉛罐運輸作業製作熱室傳送通道之配合儀器，以便使鈾泥能順利運進熱室並完成安定化作業。</p>
(四)解除管制量測驗證技術與儀器研發推廣	<p>1. Sr-90 等純貝他核種，為放射性廢棄物代表性包含之放射性核種，在實驗室中精準定量活度或核種之辨識，通常使用液體閃爍計數儀，本計畫發展之三光電管液體閃爍計數儀 TDCR 技術係求出射源質量之閃爍液樣品於計數儀中輸出符合計數率之間的 TDCR 比值(Triple to Double Coincidence Ratio)，配合理論模型推導出計測效率，即可以得到活度(DPM)。</p> <p>2. 依據解除管制大型物件特性，製作不同材質密度之混合射源(Co-60、Cs-137)之標準件；利用既有方型及桶型標準件組合，模擬製作大型物件體射源，體積由 314L 至 2314L 共 8 個；將其標準件不確定度控制在 15%內，透過量測驗證比對，建立現場量測技術。</p> <p>3. 利用「可移動式加馬活度量測系統」(ISOCART)對 55 加侖水泥校正桶進行整桶加馬活度計測實驗，並完成該系之統效能評估；同時進行 53 桶清大水泥固化桶整桶加馬活度量測，其量測結果亦與 CANBERRA 系統進行比對、分析及驗證。</p> <p>4. 自製抽拉式解除管制量測箱體，繪製箱體設計圖、箱體結構製造、屏蔽鉛體施工、偵檢體定位安裝、load cell 校正、電控設計，逐步完成實施。</p> <p>5. 移動式簡易門框偵檢器之改造及安裝，可用核安演習與 010 館物件進出偵測。將以左右各 3~5 組 PRM-5A 偵檢機組(整修完成的 DG-5 偵檢器)組成，再於 010 館左右門製作框架安裝。</p>
(五)高活度廢棄物分類與再包裝技術建立	<p>1. 高活度廢棄物分類與再包裝等整備技術及作業流程規劃。</p> <p>2. 建置高活度廢棄物遙控取出、分類與再包裝等整備。</p> <p>3. 設備試車調整，實際針對 015D 地下庫內高活度廢棄物進行整備 20%。</p>
(六)放射性無機廢液處理技術研究	<p>1. 整合建置高導電度含氫廢液蒸發濃縮設備。完成蒸發濃縮設備試運轉計畫書。</p> <p>2. 有機廢萃取劑取出以碳酸鈉溶液清洗後，β 核種達到接收標準，α 核種去除率約 90%。</p>

工作項目	實施步驟及方法
	3.取出 Mo-99 強酸廢液，並用中和攪拌及負壓過濾方式處理後，續以核種吸附去除 Cs 及 Sr 核種。
(七)放射性有機廢液處理技術研究	<ol style="list-style-type: none"> 1.針對本所接收之小產源放射性廢液進行內容物分析與特性調查。 2.建立將廢液中有機相與無機相分離之前處理程序，以利後續減容安定化處理。 3.放射性有機廢液各類氧化分解處理方法研發測試。 4.提出小產源放射性廢液處理之可行性方案評估，建立其最佳處理程序。
(八)鐳鈾系廢水處理技術研究	<ol style="list-style-type: none"> 1.吸附劑製備製程研究及效能測試。 2.吸附劑與無機載體選擇與結合及其製備方法研究。 3.分析方法建立與特性分析。 4.吸附劑生產設備雛型建立及性能測試。
(九)最終處置前廢棄物整備管理技術研究	<ol style="list-style-type: none"> 1.利用可能場址現地取得之岩塊與水體，進行岩體薄片製作，並與現地水體完成飽和狀態後進行核種之擴散試驗，最後將依試驗量測數據分析核種遷移之擴散參數值。 2.根據國內處置接收之相關需求及國外檢查之經驗，配合國內已固化之小產源廢棄物特性，進行處置前交運資料之系統軟體規劃，同時亦進行處置前廢棄物整備作業之流程訂定，及作業場所與機件設備之硬體規劃。提供後續依規劃進行軟體與硬體設施之建置。
(十)放射性廢棄物特性鑑定及核種活度分析技術研究	<ol style="list-style-type: none"> 1.蒐集最終處置接收規範，瞭解相關規定及比較各國最終處置接收標準中有害物允許限值及分析技術標準與相關環保法規要求關係，研擬符合國內現況需求之分析方法。 2.研究難測核種之前處理方法、分離純化條件影響、計測方式差異等比較及研究，建立標準操作程序。 3.研究並進行改善核種分析穩定性與降低偵測下限，以提升廢棄物分類所需分析技術及數據品質。 4.針對實際清理及最終處置待分析樣品進行分析作業，以作為相關程序處理效能或管理安全評估。
(十一)場址水文地質環境監測與評估技術研究	<ol style="list-style-type: none"> 1.規劃地下水傳輸整治水力設備內容，完成建置，並進行環境水文地質監控。 2.發展地下水監測與分析技術，依據空間分布需求，規劃進行地下水活度、水位、抽水復育之需要，完成實施至現階段所需之資料取得。

肆、計畫經費與人力執行情形

一、計畫經費執行情形：

(一)計畫結構與經費

細部計畫 (分支計畫)		研究計畫 (分項計畫)		主持人	執行機關	備註 (子項計畫)
名稱	經費	名稱	經費			
核電能源系統生命週期之放射性廢棄物管理技術發展與應用	74,580			莊文壽	核能研究所 化工組	
		除役拆除廢棄物減量技術研究	38,625	喬凌寰	核能研究所 工程組	1.大型核能組件拆除工法及安全評估技術研究-工程組(4,810) 2.用過核子燃料廠內濕式貯存設施污染處理技術研究-工程組(17,689) 3.用過核子燃料熱室處理技術研究-燃材組(6,584) 4.解除管制量測驗證技術與儀器研發推廣-保物組(4,870) 5.高活度廢棄物分類與再包裝技術建立-化工組(4,672)
		特殊放射性廢液安定化處理技術研究	17,768	蔡光福	核能研究所 化工組	1.放射性無機廢液處理技術研究-化工組(6,166) 2.放射性有機廢液處理技術研究-化工組(5,917) 3.鑼鋼系廢水處理技術研究-化工組(5,685)
		放射性廢棄物最終處置技術研發與應用	18,187	張福麟	核能研究所 化工組	1.最終處置前廢棄物整備管理技術研究-化工組(4,591) 2.放射性廢棄物特性鑑定及核種活度分析技術研究-纖維酒精專案(6,061) 3.場址水文地質環境監測與評估技術研究-化工組(7,535)

(二)經資門經費表

預算執行數統計截止日期：100.12.31

會計科目	項目	預算數(執行數)/元			備註	
		主管機關預算 (累計分配數)	自籌款	合計		
				流用後預算數 (實際執行數)		占總經費% (執行率%)
一、經常支出						
1.人事費						
2.業務費						
		39,487,000 (38,512,212)		38,512,212 (38,481,724)	51.64% (99.92%)	業務費流出 974,788 元至資本支出
3.差旅費						
4.管理費						
5.營業稅						
小計						
		39,487,000 (38,512,212)		38,512,212 (38,481,724)	51.64% (99.92%)	
二、資本支出						
1.設備費						
		35,093,000 (36,067,788)		36,067,788 (36,067,788)	48.36% (100%)	資本支出由業務費流入 974,788 元
小計						
		35,093,000 (36,067,788)		36,067,788 (36,067,788)	48.36% (100%)	
合計	金額	74,580,000 (74,580,000)		74,580,000 (74,549,512)	100% (99.96%)	
	占總經費% (執行率=執行數 ÷流用後分配數)	100%		(99.96%)		

與原計畫規劃差異說明：

計畫於年度伊始即按月規劃計畫經費使用分配，本年度計畫經費經常支出編列 39,487 千元，資本支出編列 35,093 千元，經資門支出合計 74,580 千元。為配合 TRR 廠房通風空調整修需求於 9 月 2 日辦理經費流用，由經常支出流出 974,788 元至資本支出。本年度經常支出實際結報數為 38,482 千元，執行率 99.92%，資本支出實際結報數為 36,068 千元，執行率達 100%，經資門支出合計實際結報數合計為 74,550 千元，總經費執行率 99.96%，支用情形良好。

二、計畫人力運用情形：

(一)計畫人力(人年)人力統計截止日期：100.12.31

計畫名稱	執行情形	總人力	研究員級	副研究員級	助理研究員級	助理
分支計畫 核電能源系 統生命週期 之放射性廢 棄物管理技 術發展與應 用	原訂 (全年)	35.88	2.17	8.11	21.60	4.00
	實際	30.78	1.88	7.02	18.34	3.53
	差異	-5.10	-0.09	-0.33	-1.11	-0.21
分項計畫 除役拆除廢 棄物減量技 術研究	原訂 (全年)	21.00	0.50	5.00	11.70	3.80
	實際	18.69	0.43	4.56	10.40	3.30
	差異	-2.31	-0.07	-0.44	-1.30	-0.47
分項計畫 特殊放射性 廢液安定化 處理技術研 究	原訂 (全年)	8.83	1.67	1.36	5.80	0.00
	實際	7.48	1.44	1.06	4.98	0.00
	差異	-1.35	-0.23	-0.30	-0.82	0.00
分項計畫 放射性廢棄 物最終處置 技術研發與 應用	原訂 (全年)	6.05	0.00	1.75	4.10	0.20
	實際	4.61	0.00	1.41	2.97	0.23
	差異	-1.44	0.00	-0.34	-1.13	+0.03

說明：

研究員級：研究員、教授、主治醫師、簡任技正、若非以上職稱則相當於博士滿三年、或碩士滿六年、或學士滿九年之研究經驗者。

副研究員級：副研究員、副教授、總醫師、薦任技正、若非以上職稱則相當於博士、碩士滿三年、學士滿六年以上之研究經驗者。

助理研究員級：助理研究員、講師、住院醫師、技士、若非以上職稱則相當於碩士、或學士滿三年以上之研究經驗者。

助理：研究助理、助教、實習醫師、若非以上職稱則相當於學士、或專科滿三年以上之研究經驗者。

(二)主要人力投入情形(副研究員級以上)

姓名	計畫職稱	投入人月數 及工作重點	學、經歷及專長	
莊文壽	研究員 (主持人)	2.0 分支計畫規劃研擬與督導執行	學歷	碩士
			經歷	核能研究所
			專長	化學
喬凌寰	副研究員 (共同主 持人)	3.7 除役拆除廢棄物減量技術研究分項計 畫督導執行	學歷	學士
			經歷	核能研究所
			專長	原子能工程
蔡光福	研究員 (共同主 持人)	5.4 特殊放射性廢液安定化處理技術研究 分項計畫督導執行	學歷	碩士
			經歷	核能研究所
			專長	原子能工程
張福麟	副研究員 (共同主 持人)	7.3 放射性廢棄物最終處置技術研發與應 用分項計畫督導執行及負責執行最終 處置前廢棄物整備管理技術研究計畫	學歷	碩士
			經歷	核能研究所
			專長	土木水利工程
李崙暉	副研究員 (子項負 責人)	8.1 負責執行大型核能組件拆除工法及安 全評估技術研究計畫	學歷	博士
			經歷	核能研究所
			專長	電子電機工程
諸葛志春	副研究員 (子項負 責人)	3.9 負責執行用過核子燃料廠內濕式貯存 設施污染處理技術研究計畫	學歷	學士
			經歷	核能研究所
			專長	原子能工程
胥耀華	副研究員 (子項負 責人)	2.9 負責執行用過核子燃料熱室處理 技術研究計畫	學歷	碩士
			經歷	核能研究所
			專長	材料科技
王正忠	研究員 (子項負 責人)	5.6 負責執行解除管制量測驗證技術與 儀器研發推廣計畫	學歷	博士
			經歷	核能研究所
			專長	化學
張峰榮	副研究員 (子項負 責人)	3.5 負責執行高活度廢棄物檢整分類與再 包裝技術建立計畫	學歷	學士
			經歷	核能研究所
			專長	化學工程
潘本立	副研究員 (子項負 責人)	7.9 負責執行放射性無機廢液處理技術研 究與應用計畫	學歷	博士
			經歷	核能研究所
			專長	化學工程
沈錦昌	助理研究 員(子項	9.9 負責執行放射性有機廢液處理技術之	學歷	碩士
			經歷	核能研究所

姓名	計畫職稱	投入人月數 及工作重點	學、經歷及專長	
			專長	經歷
	負責人)	研發與應用計畫	專長	化學工程
鍾人傑	研究員 (子項負責人)	5.5 負責執行含鑷銅系元素放射性廢液處理研究計畫	學歷	博士
			經歷	核能研究所
			專長	化學
魏華洲	副研究員 (子項負責人)	2.7 負責執行放射性廢棄物特性鑑定及核種活度分析技術研究計畫	學歷	碩士
			經歷	核能研究所
			專長	化學工程
施清芳	副研究員 (子項負責人)	3.9 負責執行場址水文地質環境監測與評估技術研究計畫	學歷	博士
			經歷	核能研究所
			專長	土木水利工程
陳鴻斌	研究員	2.7 執行除役拆除廢棄物減量技術研究分項計畫規劃與技術研究	學歷	博士
			經歷	核能研究所
			專長	電子電機工程
羅文璉	副研究員	2.1 TRR 爐體拆除技術研究及高活度廢棄物清理執行	學歷	學士
			經歷	核能研究所
			專長	原子能工程
李文鎮	副研究員	2.0 TRR 爐體拆除技術研究及高活度廢棄物清理執行	學歷	碩士
			經歷	核能研究所
			專長	原子能工程
黃君平	副研發師	8.8 TRR 爐體拆除技術研究及高活度廢棄物清理執行	學歷	博士
			經歷	核能研究所
			專長	化學工程
黃崇豪	副研發師	0.5 大型核能組件拆除工法研究	學歷	博士
			經歷	核能研究所
			專長	電子電機工程
袁明程	副研究員	0.2 核燃料安定化技術研究	學歷	碩士
			經歷	核能研究所
			專長	原子能工程
沈安婷	副工程師	1.6 核燃料安定化技術研究	學歷	碩士
			經歷	核能研究所
			專長	化學
曾訓華	研究員	0.4 大型檢測系統研發精進	學歷	博士
			經歷	核能研究所

姓名	計畫職稱	投入人月數 及工作重點	學、經歷及專長	
			專長	學、經歷
武及蘭	副研究員	1.2 量測系統校正及追溯技術研究	專長	電子電機工程
			學歷	碩士
			經歷	核能研究所
劉懋鑫	副研究員	6.7 大型檢測系統研發精進	專長	原子能工程
			學歷	碩士
			經歷	核能研究所
林琦峰	副研發師	3.7 量測系統校正及不確定度評估 技術研究	專長	電子電機工程
			學歷	博士
			經歷	核能研究所
陳昭睿	副研發師	3.2 放射性有機廢液處理技術研究	專長	化學工程
			學歷	博士
			經歷	核能研究所
陶鈞德	工程師	6.5 功能性複合奈米吸附材料開發研究	專長	化學工程
			學歷	博士
			經歷	核能研究所
劉玉章	副工程師	1.6 功能性複合奈米吸附材料開發研究	專長	化學工程
			學歷	博士
			經歷	核能研究所
朱信忠	副研究員	2.7 處置前置作業流程規劃與最終處置安 全評估系統之整開發	專長	化學工程
			學歷	博士
			經歷	核能研究所
蔡翠玲	副工程師	0.4 難測核種前處理、分離 及計測技術精進研究	專長	醫學工程
			學歷	博士
			經歷	核能研究所
合計		116.7 人月		

與原計畫規劃差異說明：

本年度規劃投入研究人力共 35.88 人年；全年度實際投入研究人力共 30.78 人年，實際人力執行率 85.78%。差異原因為同仁配合執行核二廠廢粒狀離子交換樹脂濕式氧化暨高效率固化系統及核二廠用控制棒葉片減容作業等技術服務案，因此調整人力運用；另部分同仁離職與退休等因素所致。工作已安排新進相關職系年輕同仁接替參與計畫，對計畫整體進度未造成影響。

伍、計畫已獲得之主要成就與量化成果(output)

一、本計畫主要成果及重大突破

(一)學術成就

- 1.利用放射化學分析方法來進行魚骨、魚肉、池水、池底泥的⁹⁰Sr活度分析；撰寫“The Study of ⁹⁰Sr Accumulation in fish”論文，投稿至SCI期刊，探討其草食/肉食、魚的重量、魚的穩定鋇、穩定鈣含量，找出不同魚種、重量之間的吸收和轉移的相關性。
- 2.應用液體閃爍計數法，精進水樣的總阿伐貝他放射性含量的量測流程，降低流程 20~30%的處理及量測時間；撰寫“Evaluating practicability of an alternative method for routinely monitoring gross alpha and beta activities in Taiwan”論文，投稿至 SCI 期刊“Applied Radiation and Isotopes”。
- 3.利用自行研製既有方型及桶型標準件組合，模擬製作大型物件體射源，體積由 314L 至 2314L 共 8 個；並利用可移動式加馬活度量測系統(ISOCART) 進行整桶加馬活度驗證，進而完成該系之統效能評估；實際進行 53 桶清大水泥固化桶整桶加馬活度量測，其量測結果亦與 CANBERRA 系統完成比對、分析。撰寫“The performance evaluation of a movable gamma-ray counting system for radwaste Clearance measurement”論文，投稿至 SCI 期刊“Applied Radiation and Isotopes”。
- 4.利用XRD、SEM/EDX、ICP-AES與加馬能譜分析儀等儀器，研究BWR在不同水化學條件下對生成銹垢組成與特性等之影響，其中鬆散氧化層主要為 α -Fe₂O₃，相關分析結果可以作為推論水化學對CRUD生成影響模式，論文投稿於國際EI期刊Energy Procedia。
- 5.為強化我國對放射性廢棄物之管制與專責管理，於8月18日假核能研究所與核能學會共同舉辦「2011 放射性廢棄物管理研討會」。會議邀請日本 RWMC、瑞典 SKB、美國 SNL 等 3 位專家專題演講，分享放射性廢棄物專責管理經驗，以及邀請國內 9 位專家學者發表放廢管理研發成果。出席與會包括原能會、台電公司、大學院校、工研院綠能所、核能協會、核資中心、核研所及台灣核能級產業發展協會 TNA 會員等單位、機構、公司共 130 餘人參加。

- 6.於 11 月 16 日舉辦「核設施混凝土結構體拆除及減廢」技術研討會，與會包括台電公司 15 人、物管局 13 人、工程公司 11 人、及所內 25 人報名參加；研討混凝土結構體拆除、外釋技術與本所實務經驗，並實地參觀南貯場鑽石索鋸切割之混凝土塊及解除管制量測分析實驗室。
- 7.計畫派員赴大陸北京參加於 10 月 11-14 日由中國核學會輻射防護分會等所主辦之「2011 兩岸核電廢物管理研討會」，並發表「應用於放射性廢水處理之高效能無機吸附劑發展」、「超臨界水氧化應用於放射性有機廢棄物處理之研究」、「台灣放射性廢棄物外釋現況」等多篇論文，分享台灣的放射性廢棄物處理及解除管制技術之研究與現況，並與對岸相關人員進行實務經驗交流。

(二)技術創新

- 1.建立 TRR 反應槽氙氣殘存檢測技術，完成 TRR 反應槽氙氣檢測作業程序書和抽氣取樣設備，經由抽氣、取樣和分析過程確認反應槽內氙氣殘存量，技術可應用於核設施含氙設備之氙氣殘存檢測。
- 2.針對超鈾元素分析方法之放射化學分離條件與電鍍製備樣品等步驟，進行實驗修正及探討，針對示蹤劑之回收率由初期 18%-30% 已能提升到 52%-56%，並應用於用過核子設施中廢樹脂與燃料池水中超鈾元素含量分析。
- 3.由本所完成自製抽拉式箱型量測箱體結構設計，採用 6 組偵檢器嵌入式設計，計測室內部尺寸約：53cm(H)×53cm(W)×53cm(L)，屏蔽採用 4~5 公分鉛完全包覆設計，荷重 230 公斤，可有效減少搬運進料之時間，增進量測流程之時效。
- 4.建立解除管制難測核種(β)之校正及追溯技術，Sr-90 等純 β 核種，為放射性廢棄物代表性包含之放射性核種，實驗室中精準定量活度或核種之辨識，通常使用液體閃爍計數儀，本計畫以三光電管液體閃爍計數儀 TDCR 技術係直接度量純 β 射源放射性活度之方法建立 Sr-90 之校正技術及追溯標準，確保活度量測數據品質之維護與追溯。
- 5.針對解除管制大型物件關鍵量測核種 Co-60 及 Cs-137 並配合電廠貯存廠主要大型廢棄物件，自行模擬研製標準件；利用既有方型

及桶型標準件組合，模擬製作大型物件體射源，將其標準件不確定度控制在 15% 內，透過「可移動式現場活度量測系統」進行量測驗證比對，建立現場量測技術。

6. 完成無機吸附劑 AC-5B 製備方法，製備程序包含 AC-5 製備、清洗、過濾、烘乾、粉碎、造粒、燒結等，吸附劑效能測試對鑼鈱系廢水及一般核種廢水吸附效果 >99% 以上。依上述製程生產 200Kg，提供本所放射性廢液處理場實際運轉，處理洗滌廢液 20 公噸，可使 Cs-137 由 2210Bq/L 降至 5Bq/L，DF 值 442。
7. 建立強硝酸高輻射活度之廢液處理技術，我國及國際間(如製造醫藥同位素之國家)對此等廢液甚為棘手，國外多採取長期貯存或尋求美國支援合作，我國存量雖不多但萬一洩漏會對環境造成嚴重破壞，本計畫以建立中和、核種吸附之化工處理技術，並順利處理了大半數量的廢液。
8. 以高分子吸水材料改質運用於有機物水溶液處理，廢液以吸收膠凝後焚化處理，可避免噴霧進料之堵塞等問題，可簡化處理步驟並減少處理設備建置成本，並可解決小產源廢液種類眾多並具有膠狀態之介面層問題。
9. 因 I-129 半衰期長、輻射能量低，傳統輻射分析方法之分析效率及感度無法滿足要求。目前研究以感應耦合電漿質譜法(ICP-MS)分析水泥固化體中 I-129 含量，並針對感應耦合電漿質譜儀對 I-129 分析最佳條件及方法，採用光化學法等減少進料中同質量干擾問題，經使用空白水泥添加標準溶液後分析，以量測 10mBq/g 之添加樣品而言，相對偏差為 15%，相較本所過去採用傳統放射化學分離及核子量測技術 MDA 約 100mBq/g 而言，目前分析方法確有明顯改善分析靈敏度；另亦研究使用離子層析儀串接感應耦合電漿質譜儀方式進行 I-129 分析自動化可行性評估，以提升分析再現性，同時可以降低人員接收劑量。

(三)經濟效益

1. 本年度完成第五批外釋廢金屬 29 噸之標售及外釋與清運除了標售所得之直接收益外，間接之效益減少未來低放處置成本約 2,100 餘萬元(以本所接收廢金屬類之處理貯存費用為 432 元/kg，最終處置成本為 302 元/kg 估算)。有效解決本所廢棄物倉貯壓力，達

廢棄減量及資源再利用之環保永續資源目的。

2. 完成「台灣研究用反應器緊急水塔拆除產生之混凝土塊外釋計畫」計畫書，通過原能會物管局審查並完成人員教育訓練，依據外釋計畫書進行混凝土塊解除管制外釋量測，預計外釋清運約 1,078 公噸，可達到廢棄物減量及資源再利用之環保資源永續利用目的，並節省後續放射性處置費用約 3 億元(10 萬元×1,078,000kg/350kg-桶)。有效解決本所廢棄物倉貯壓力，達到廢棄物減量及資源再利用之環保資源永續利用目的。
3. 移動式簡易門框偵檢器之改造及安裝，將以左右各 3~5 組 PRM-5A 偵檢機組(整修完成的 DG-5 偵檢器)組成，製作框架安裝於解除管制量測實驗室之左右門，可用於廢棄物進出輻射偵測管制有效維持輻射安全。回收再利用 DG-5 偵檢器自行設計移動式簡易門框偵檢器，可降低國外直接採購類似設備之成本。
4. 年度完成高活度放射性廢棄物天車遙控多節式抓取裝置及附屬設備建置，為完全國內製造，提昇國內業者製作高活度放射性廢棄物整備相關設備之能力。
5. 完成高效能無機吸附劑 AC-5B 製備方法，已自行量產供本所放射性廢水處理使用，減少向國外採購之龐大支出(一次需採購相當數量始有意願出貨)，另本所製備之吸附劑每公斤約 1,000 元左右，比市售 3,300~60,000 元/kg 之價格便宜許多，未來可推銷至國內外之放射性廢水處理。用過之廢棄無機吸附劑亦可藉由水泥固化而得到妥善之安定化處理。

(四)社會影響

1. 解除管制量測實驗室完成 ISO/IEC 17025 國際品質規範認證實驗室後，順利通過第一次展延認證現場評鑑，成為國內首例，確保外釋量測作業符點 ISO 規範及品質要求。
2. 完成高活度放射性廢棄物天車遙控多節式抓取裝置及附屬設備建置，將進行整合測試及現場實作，完成後將實際用於積存地下高活度放射性廢棄物之取出、分類及重包裝，以提高貯存安全，減少社會大眾對於放射性廢棄物管理之疑慮。
3. 針對環境設施場址，發展有效之環境水文地質監測與評估技術，以適時提供阻絕影響環境水文地質不利因子之評估方法與程序，

將可有效監測環境或設施區域核種對環境水文地質之變遷特性，及時提供核種影響環境水文地質不利因子之建議基準，俾助益於可能之阻絕核種外釋措施之進行，進而保護優質之自然地域，增進環境輻射安全。

(五)其他效益

- 1.大型核能組件拆除工法及安全評估技術研究，以台灣研究用反應器之爐體為大型核能組件，發展拆除工法及安全評估技術，同時對拆除所需相關技術及設備進行研究，獲致之成果未來亦可適用於核能電廠之除役。
- 2.為處理高導電度無機類含氫廢液，開發太陽熱能應用於蒸發與薄膜蒸餾之整合技術，已開發獲得 51,980 kJ/hr 之低壓蒸汽，太陽能蒸發器之總熱效能約為 25%。利用太陽熱能進行廢液蒸發減少石化燃料之使用，達到節能減碳效果。
- 3.使用微波消化等前處理方法取代以往酸回流法進行難測核種分析，大幅減少用酸量及二次廢棄物，同時縮短操作時間與減少人員劑量。
- 4.符合 ASTM 6866 標準建議，應用 C-14 分析系統及技術，作為鑑定生物碳/石化碳比例，符合發展高值化生物基產品之策略目標，以減少碳足跡，未來可以透過鑑定分析技術平台提供國內廠商認證或標章，增加產品出口競爭力。
- 5.進行小產源放率放射性廢棄物處置前之整備作業，為國內各產業(核電除外)使用放射性物質所帶來之利益後，解決相對帶來放射性廢棄物之後端處理與最終處置問題。

二、績效指標項目初級產出、效益及重大突破

	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
技術創新(科技整合創新)	A 論文	1.期刊論文 6 篇(國內 2 篇/國外 SCI 期刊 4 篇)。 2.會議論文 16 篇(國內 8 篇/國外 8 篇)。	研究成果論文發表於國內、外重要期刊上，有助增進研發成果的可信度，及提供國內相關技術研究參考。	
	C 博碩士培育	1.博士班研究生 5 人 2.碩士班研究生 3 人	未來國內從事核設施除役及放射性廢棄物處理與處置相關工作人才新血養成。	
	D 研究報告	數量 55 篇。	供國內核設施除役與廢棄物處理等工作參考。	建立自主之國內技術，減低對國外技術仰賴。
	E 辦理學術活動	辦理國內研討會 2 場次。	1.於 8 月 18 日假核能研究所舉辦「2011 放射性廢棄物管理研討會」。 2.於 11 月 16 日舉辦「核設施混凝土結構體拆除及減廢」技術研討會。	1.強化我國對放射性廢棄物之管制與專責管理。 2.推動國內解除管制量測比對制度建立，帶動國內外釋計畫，發揮全面廢棄物減廢效益。
	G 專利	1.專利申請 7 件(我國 3 件/美國 4 件)。 2.專利獲得 4 件(我國 4 件/)。	開發自主技術應用於核設施除役及放射性廢棄物處理相關之技術服務案，利於國內外產業市場拓展。	技術領先利於拓展國際市場。
	H 技術報告	數量 25 篇。	供國內核設施除污除役與廢棄物處理等工作之經驗傳承及未來相關作業參考。	建立自主之國內技術，減低對國外技術仰賴。

	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
	S 技術服務	執行接受外界委託技術服務案計 10 項。	本年度技服收入共計 130,346 千元。	協助國內機關、國營單位與民間企業等解決核能應用相關廢棄物減量、減容與安定化處理，以及最終處置等問題。

陸、評估主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome)

一、學術成就(科技基礎研究) (權重10%)

- (一)本年度預期績效指標值：發表論文 17 篇；完成研究報告及技術報告 74 篇。本年度實際產出：發表論文共 22 篇，包括國內期刊 2 篇、國外期刊(SCI 期刊)論文 4 篇、國內研討會論文 8 篇、國際研討會論文 8 篇；完成研究報告及技術報告共 80 篇。
- (二)以理論推導遠場單向裂隙多個核種衰變鏈在拉氏域之解析解通解，並以國際之相關母岩現地數據進行案例之評估，撰寫“Radionuclide transport in granitic rock considering multiple-member decay chain: Application of spent nuclear fuel final disposal”論文，發表於 SCI 期刊“Water, Air and Soil Pollution”(2011)，該期刊 2009 JCR 之 Impact factor 1.676，為 Water Resources 群組期刊排序 16/66。對本所在執行環境水文地質復育之地下水核種遷移研究與放射性廢棄物最終處置之發展與研究有顯著助益。
- (三)應用不同統計分析技術，探討台灣地區土壤中不同天然核種 (K-40，U 系，Th 系) 含量及輻射劑量與樣品物性及化性(pH，導電度，密度...) 等性質相關性。論文發表於 SCI 期刊“Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry”。
- (四)研究低分子量有機酸對污染土壤銫-137 釋放的影響，撰寫論文“Effects of low molecular weight organic acids on ¹³⁷Cs release from contaminated soils”，發表於 SCI 期刊 “Applied Radiation and Isotopes”。
- (五)從北投溪 12 個地點抽取水樣研究調查水化學與核種特性，撰寫論文“Aqueous characteristics and radionuclides in Peito hot spring area”，發表於 SCI 期刊“Radiation measurements”。
- (六)本年度委託國內大學研究計畫 4 項，帶動國內學術單位參與放射性廢棄物處理與處置領域研究工作，並養成國內未來從事放射性廢棄物處理人才：
 - (1)中原大學電機工程學系張政元教授執行「高活度設施拆除遙控吊運技術之研究」，培育碩士生 2 人。
 - (2)中興大學化學系李豐穎教授「具醯胺官能基並可吸附鏷銅系元素之特用化學品製備研究」，培育博士生 2 人。

- (3)清華大學核工所衛元耀教授執行「低放射性廢棄物最終處置地質材料對核種遷移之參數研究」，培育博士生 1 人。
- (4)中央大學應用地質研究所倪春發副教授及陳瑞昇教授執行「地下水水流與傳輸模擬技術之研究」，培育博士生 2 人、碩士生 1 人。

二、技術創新(科技整合創新)(權重25%)

- (一)本年度預期專利申請 8 件；專利獲得 6 件。本年度實際產出：專利申請 7 件(我國 3 件/美國 4 件)，專利獲得 4 件(我國 4 件)。
- (二)在未來 TRR 除役作業中，如何在狹隘的爐體空間內將重達一、二十噸的金屬組件吊運出爐外而不造成碰撞或超過天型吊車的荷重是非常重要的。所以完成「一種水平昇舉鬆動設備」概念設計，申請中華民國及美國專利，本方法以負回授原理利用 Y 型支架搭配油壓缸，控制每個油壓缸可等速上昇，且配合油壓缸伺服閥上保護裝置，使得吊掛物能夠於狹隘空間被鬆動且水平昇舉，而不至於傾斜和發生碰撞或卡死的情況。
- (三)完成「化學及電化學除污裝置及其方法」申請中華民國專利，本方法採用脫脂、水洗、化學拋光或電化學拋光、藥液回收、水洗、超音波水洗、風切、烘乾等單元，經由龍門式天車吊掛待除污物件，並以 PLC 控制連續完成各單元操作，使達成放射性污染金屬除污，對我國核電廠未來除役金屬之除污有所助益。
- (四)桶型量測系統能譜分析演算程式開發，申請中華民國及美國專利，係利用面積計算法進行碘化鈉偵檢器暨 FNS99 組件基本能譜分析，可進行 Co-60、Cs-137、Mn-54 及 K-40 等放射性廢棄物常見核種分析；而一般的系統常使用銻偵檢器進行量測，但銻偵檢器價格極昂貴，碘化鈉偵檢器的價格約僅為銻偵檢器的 1/20，可使利用本發明所建置之放射性廢棄物量測系統在價格上極具競爭力。
- (五)開發「解除管制量測系統輔助進料機構」，申請美國新型專利，係關於一種輔助進料系統，其係藉由承載平台、轉動單元、活動載台、底座及推桿之設置，而可增加物料載入、退出之更換速率；並可藉由減少物料運輸之等待時間，增進檢測作業流程之效率。目前應用在輻射作業場所解除管制實驗室之量測系統上，另核能電廠一、二、三廠及龍門電廠進行解除管制之量測系統設備亦有需求，另可應用於生產或製造物流等工廠進料設備等。

- (六)建立低活度 C-14 分析系統，藉由自行組裝高溫爐作為前處理設備可以增加樣品數量及操作彈性，目前針對固體樣品可以分析至 0.1Bq/g，除能做為最終處置研究核種遷移或監測分析，以確保處置場安全營運。相關系統相較一般常用自動氧化儀具有較高操作彈性及價格低廉等特點，目前正進行專利申請程序。
- (六)針對工業發展所產生之有機廢液及污泥的處理，撰文「超臨界水氧化程序處理有機廢棄物之發展與應用」發表於「化工技術」期刊第 214 期，論文概述當前全球 SCWO 系統之商業運轉實例，並提供核能研究所建置之先導型連續式 SCWO 系統處理模擬有機廢液之運轉經驗。
- (七)對三維吊車系統進行研究，提出類神經智慧型控制方法，可快速使系統定位與抑制負載之搖擺，撰寫「以智慧型控制進行三維吊車操作設計」論文，發表於「2011 中華民國系統科學與工程研討會」。
- (八)以 CCD 影像做為天行吊車控制系統之回授訊號，提出簡單且有效的方法處理影像問題，追蹤影像資訊並將其回授至適應模糊滑模控制器(AFSMC)，可即時捕捉動態移動以控制天行吊車。“Adaptive Fuzzy Sliding Mode Control to Overhead Crane by CCD Sensor”論文，發表於美國 Denver “2011 IEEE Multi-Conference on Systems and Control”會議。
- (九)建立核研所室內氡濃度量測及驗證技術，進而可進行台灣區在地性氡濃度之量測應用，並亦可用於檢測綠建材，撰寫論文“Measurement and Verification of Indoor radon Concentration in Taiwan”，發表於 2011-HPS 國際會議。
- (十)發表「台灣研究用反應器爐體除役之規劃研究」論文於台電核能月刊，介紹台灣研究用反應器除役中對於爐體除役的規劃研究，由於國內尚無同類型反應器爐體除役經驗，因此從初期的除役規劃、技術建立到最後拆除作業均必須謹慎而嚴密，期望未來能安全並如期於法規期限內完成爐體拆除。

三、經濟效益(產業經濟發展)(權重25%)

- (一)製作國內可追溯至國家標準之解除管制大型物件標準件，以「可移動式現場活度量測系統」進行量測驗證比對，建立現場量測技術，未來之應用可有效解決本所及核電廠目前暫貯待外釋之無法切割

大型物件貯存問題，增加回收再利用之效益，提高空間再使用之助益。

- (二)目前市售進口之商業化廢液中核種無機吸附劑價格昂貴，如 Cs 吸附劑新台幣 3,300 元/Kg，且通常要採購相當數量才願意出貨；針對微量難處理核種吸附劑價格更高達新台幣 6 萬元/Kg。本所目前研發之無機吸附劑 AC-5B，初估價格將在新台幣 1,000 元以下，在市場上將有足夠的競爭力。所發展之無機吸附劑，除可處理放射性污染廢水外，對一般工業用廢水亦具有潔淨處理效能，待技術精進及專利申請等完成後，未來將有非常大之經濟效益。
- (三)完成台電公司「核二廠用控制棒葉片減容作業」委託工程案簽約，執行完成後將使核二廠燃料池有多餘的空間供機組後續運轉產生之控制棒葉片貯存。
- (四)完成台電公司後端處「低放射性廢棄物難測核種分析技術精進」委託研究計畫簽約，主要進行對最終處置中重要難測核種之分析方法進行改善及比較不同分析方法之差異，以評估相關技術之改善對於廢棄物分類降級可行性影響。
- (五)執行接受外界委託研究之技術服務案計 10 項，協助國內企業解決核能應用相關廢棄物減量、減容與安定化處理問題。本年度實際收入共計 130,346 千元：
 - (1)執行核三廠「高效率固化劑銷售」案，本年實際收入 950 千元。
 - (2)執行全國各業界「放射性廢棄物接收處理服務(100 年度)」案，本年實際收入 7,282 千元。
 - (3)執行台電後端處「用過核子燃料最終處置計畫潛在母岩特性調查與評估階段-發展初步功能/安全評估技術」案，本年實際收入 16,617 千元。
 - (4)執行台電核二廠「廢粒狀離子交換樹脂濕式氧化暨高效率固化系統」案，本年實際收入 83,571 千元。
 - (5)執行台電核二廠「耐 100 年結構完整性之混凝土處置容器研究」案，本年實際收入 17,714 千元。
 - (6)執行台電核發處「建立核能電廠廠區地下水傳輸基準版概念模式」案，本年實際收入 3,362 千元。
 - (7)執行台電後端處「低放射性廢棄物難測核種分析技術精進」

案，本年實際收入 2,820 千元。

(8)執行台電後端處「引進國外先進核廢棄物處理技術可行方案技術評估(II)」案，本年實際收入 3,660 千元。

(9)執行原能會物管局「低放射性廢棄物坑道處置安全評估關鍵議題初步探討」案，本年實際收入 400 千元。

(10)執行原能會物管局「低放射性廢棄物均勻固化體之法規精進與測試方法建立」案，本年實際收入 450 千元。

四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重25%)

(一)研究發展大型核能組件拆除工法及安全評估，可提高核設施除役之可行性及安全性，順利完成核設施除役，減少對環境之影響，對社會具有正面意義。

(二)015D 地下庫係民國 60 年代所建用於貯存高活度廢棄物(含廢棄射源)，因早期廢棄物接收要求提供資訊較寬鬆，庫內既存廢棄物之資料未能符合現行廢棄物管理之要求。本計畫以其為標的研發高活度廢棄物遙控取出、分類與再包裝等整備技術，並考量作業輻射安全防護，確保計畫執行相關作業對設施所外一般人之輻射安全無影響。未來執行高活度廢棄物取出分類與再包裝整備後，將建置高活度固體廢棄物資訊管理系統，除可符合現行廢棄物管理之要求，並減少社會大眾對於放射性廢棄物管理之疑慮。

(三)完成「台灣研究用反應器緊急水塔拆除產生之混凝土塊外釋計畫」計畫書，通過本所職安會審查送原能會物管局審查。建立核設施除役解除管制經驗，完整保存相關文件及記錄，提供經驗之傳承，減輕民眾對於解除管制外釋物質之安全疑慮。

(四)進行積貯之高活度 Mo-99 程序廢液處理，防止桶槽經年累月受腐蝕損壞而造成意外洩漏等危害發生，消除潛在的環境污染威脅。

(五)建立安全、有效及創新之小產源放射性有機廢液處理技術，可減少庫貯壓力以及對環境之潛在危害衝擊，增進社會大眾對於放射性廢棄物處理的信心，亦有助於環境之永續發展。

(六)最終處置前之整備作業將提供國內各行業(除電廠外)利用放射性物質所產生之廢棄物，經由本所接收與處理及本計畫發展之作業後可順利進入最終處置場，解決國內各行業產生之放射性廢棄物對環境影響之問題。

- (七)建立處置母岩特性鑑定技術，利用 XRD 及相關軟體與不同分析技術可以鑑定母岩組成成分及其比例，有利於後續對於研究核種-母岩作用力，建立核種對不同母岩吸附資料庫，以利後續系統安全評估，未來可以作為母岩差異比較，及釐清特定礦物對於吸附特性差異及影響，確保環境安全與永續發展。

五、其它效益(科技政策管理及其它)(權重15%)

- (一)高活度廢棄物遙控取出、傳送及再包裝等整備技術之建立，採本所自行研發設計國內製作，可建立可靠自主技術能力及精進自我技術層次，並累積相關技術經驗能力，奠定核能科技產業化基礎能量。
- (二)「物質及設備之處置偵檢與評估簡介」投稿國內台電核能月刊，針對 MARSAME 美國多部會輻射偵檢與場址調查手冊(Multi-Agency Radiation Survey and Site Investigation Manual, 簡稱 MARSSIM)補充報告，說明 MARSAME 提供物質與設備之處置偵檢的規劃、執行、評估、偵檢文件化等技術資訊，同時鼓勵資源利用，可作為國內建立物質及設備之處置偵檢作業計畫之參考依據。
- (三)為因應不同放射性廢水中核種的去除及減少二次廢料，所研製之具有高吸附容量之無機吸附劑，可有效吸附移除放射性廢液中核種及微量難處理元素，具有高效能、低成本、原料自主，以及用過吸附劑安定化容易等特性。無機吸附劑已著手進行申請專利，俟技術成熟及完成專利佈局，將朝技術移轉民間企業量產方向努力。
- (四)開發國內小產源放射性廢棄物處置前整備管理技術，進行建置廢棄物檢整分類設施，相關技術研究除提供做為國內即將誕生唯一之低放處置場應用外，所開發之技術並可精進至用過核子燃料最終處置之研發。
- (五)針對廢棄物分類核種分析方法進行精進及改善，以求增進分析速度、增進分析準確性、減少人員劑量或降低偵測下限，主要應用於(1)廢棄物分類：藉由降低核種分析下限，降低不確定度以增加分類精確度，(2)處置安全評估：藉由降低核種分析下限，對於核種吸附或遷移測試，提升實驗可信度，(3)廢棄物清理及特性鑑定：研究不同廢棄物基質效應對分析方法影響與改善，以因應不同廢棄物產生來源進行核種分析。例如應用 ICP-MS 分析 I-129 之技術於吸附劑系統移除 I 效率(達 99%以上)分析，協助欲前往日本福島災變進行

救援之志工，提供使用簡易吸附系統去除水質中微量 I-131 之可行性評估，以減少需空運大量民生用水之問題。

- (六)運用平流-延散模式(Advective-dispersive Model, AD Model)和區塊模式(Multi-Compartmental Model, MC Model)推導具母核種-子核種衰變鏈的變濃度雙槽擴散理論方程式，以 AD Model 求得在 Laplace Domain 下之注入槽與擴散槽中的母核種與子核種濃度變化方程式；以 MC Model 求得在 Time Domain 下之注入槽與擴散槽中的母核種濃度方程式解析解，和計算母核種視擴散係數的簡式，並子核種在 Laplace Domain 下之濃度方程式。變濃度雙槽擴散試驗比傳統定濃度擴散試驗，大大減少試驗後之放射性廢液體積與活度。而此研究成果有助於推算具衰變作用之母核種和子核種視擴散係數，使得變濃度雙槽擴散試驗更為可行。

柒、與相關計畫之配合

- 一、與中原大學合作「高活度大型核能組件拆除之遙控吊運技術研究」委託研究計畫，以遙控吊運的方式進行高活度核能組件的拆除、天車需要精準定位、天車移動時產生擺盪問題研究，並以簡單、安全、有效定位並消除擺盪的遙控吊運技術為開發目標。
- 二、與中興大學合作「具醯胺官能基並可吸附鏷銅系元素之特用化學品製備研究」委託研究計畫，進行具醯胺官能基並可吸附鏷銅系元素之吸附劑的研製，使達到能有效處理且避免二次廢棄物產生的目的。
- 三、與清華大學合作「低放射性廢棄物最終處置地質材料之核種擴散遷移研究」委託研究計畫，針對可能的低放射性廢棄物處置場母岩(硬頁岩)，規劃進行擴散實驗並推求擴散係數，此成果將可提供低放射性廢棄物處置場運用本土性參數進行劑量安全評估。
- 四、與中央大學合作「地下水水流與傳輸模擬技術之研究」委託研究計畫，利用數值模式，配合場址尺度觀測數據(如抽水試驗、示蹤劑試驗等)，進行含水層參數推估與模式檢定驗證。經驗證之模式再依溶質源滲漏情況進行不同情境之模擬，預測不同溶質源滲漏情境下，時間與空間上污染團的分布及遷移行為。
- 五、協助清理計畫進行工作人員體內劑量評估及環境監測，共完成人員尿樣核種分析 39 件次，環境試樣 12 件次。確保工作人員及環境之輻射安全。
- 六、完成無機吸附劑 AC-5B 產製 200 公斤，提供本所廢棄物處理廠處理放射性廢液實際運轉試用，吸附效果良好。
- 七、利用不同材料鑑定分析儀器，完成核二廠高強度低合金鋼、核三廠大修異物及龍門電廠反應器內循環泵浦(RIP)銹垢等分析需求，以提供國內核電廠研判相關來源及原因。
- 八、支援原能會物管局進行環保署「放射性廢棄物管理政策評估說明書」之提報專業諮詢及協助審查意見之回復，此報告書將成為國內日後進行放射性廢棄物管理開發案之環境評估指導原則。

捌、後續工作構想之重點

- 一、大型核能組件拆除工法及安全評估技術研究
 - (一)大型核能組件拆除工程輻射影響評估。
 - (二)高活度大型組件切割水質過濾淨化系統規劃。
 - (三)高活度設施遙控切割技術研究。
- 二、用過核子燃料廠內濕式貯存設施污染處理技術研究
 - (一)完成燃料池負壓隔離空調系統建置及廠房屋頂防漏改善工程，以確保現場輻射作業環境安全及降低污染擴散風險。
 - (二)完成高放射性及高污染之鈾粉清理安全評估報告審查回覆作業，俾能順利進行後續移送及安定化作業。
 - (三)針對高污染的池水處理，持續測試污染物質之無機吸附材質與作業處理程序之策略擬定，與處理設備規劃設計與建置。
- 三、用過核子燃料熱室處理技術研究
 - (一)依照作業程序書及輻射防護規劃與拆除工法演練，確保輻安、工安無虞下執行核子燃料安定化作業。
 - (二)進行鈾粉移貯熱室進行安定化作業與驗證，以利後續鈾粉安定化作業之依循。
- 四、解除管制量測驗證技術與儀器研發
 - (一)解除管制量測箱體製作完成，將繼續進程式系統研製、現場校正、及實體測試。
 - (二)利用 ISOCART 完成解除管制大型物件標準件量測比對驗證，與 4 π 閃爍體量測結果比較良好，將持續建立現場量測校正追溯技術及品質管制程序。
- 五、高活度廢棄物分類與再包裝技術建立
 - (一)本年度完成高活度放射性廢棄物天車遙控多節式抓取裝置及附屬設備建置，接續年度進行地下貯存高活度廢棄物取出、分類與再包裝整合測試。
 - (二)高活度廢棄物傳送容器、再包裝容器設置。
 - (三)高活度廢棄物操控屏蔽防護措施建置。
- 六、放射性無機廢液處理技術研究
 - (一)持續進行高導電度含氫廢液蒸發設備精進改善及熱試車。
 - (二)完成高導電度含氫廢液蒸發設備試運轉報告。

(三)完成 3 桶 Mo-99 強酸廢液處理。

(四)批次處理廢萃取劑，使其 α 、 β 核種達到液體廠接收標準。

七、放射性有機廢液處理技術研

(一)有機廢液與水溶液層高溫裂解氧化處理測試與分析。

(二)觸媒氧化水溶液有機物之處理設備規劃與程序製圖。

(三)精進異相氧化觸媒製程及效能。

八、鑷鋼系廢水處理技術研究

(一)精進無機吸附劑 AC-5B 製程及效能。

(二)發展其他高效能之 Cs、Sr 等無機吸附劑及磁性吸附劑製備方法。

九、最終處置前廢棄物整備管理技術研究

(一)開發小產源廢棄物處置前交運資料之系統軟體。

(二)處置前廢棄物整備作業場地之整地與空間分配作業。

十、放射性廢棄物特性鑑定及核種活度分析技術研究

(一)持續進行處置場接收標準中有害物質可允許限值、分析要求與環保法規間連結性評估，並建立現場重金屬篩選方法及技術，以評估現有廢棄物中影響程度。

(二)針對小產源廢棄物處置前所需核種資料庫進行規劃及取樣分析，以滿足法規及未來接收需求。

(三)針對除役清理過程產生特殊廢棄物(如石墨、活化金屬等)，建立特性鑑定與分析方法，以評估其分類及處置需求。

(四)評估採用自動氧化儀作為 C-14 分析前處理設備之可行性與限制，並與目前建立方法進行比較，以期提高回收率同時確認穩定性。

十一、場址水文地質環境監測與評估技術研究

(一)持續進行地下水監測與分析，完成較精確之地下水活度空間分布，期掌握復育範圍，實施有效控制措施。

(二)完成地下水流場二維數值模擬，提供核種遷移評估之基準版數位圖資。

玖、檢討與展望

- 一、大型核能組件拆除工法及安全評估技術研究，以台灣研究用反應器之爐體為大型核能組件，發展拆除工法及安全評估技術，同時對拆除所需相關技術及設備進行研究，獲致之成果未來亦可適用於核能電廠之除役。
- 二、用過核子燃料廠內濕式貯存設施污染處理技術研究，持續依據最新版核定之「TRR 設施除役計畫書」，按照用過核燃料、鈾粉、高活度廢樹脂、池水等順序，建立高污染廢棄物安定化與安全貯存、收集包裝、燃料池池水淨化、污染清除以及設備拆解技術，並審慎執行。
- 三、TRR 用過燃料熱室安定化作業已完成接近 60%，目前已執行燃料棒安定化處理總進度之 23/39 根；及完成 7 組 TRR 安定化燃料罐密封銲接，安全運送至貯存護箱。後續依規劃將陸續完成其餘用過燃料以及 TRR 燃料池池內鈾泥之安定化處理與包封運貯，達到長期安全貯存目標。執行須規劃改善放射性粉塵擴散與集塵裝置，避免排風過濾系統阻塞與熱室污染等問題，同時同步建立中子量測分析設備及能力，以及精進高 α 活度物質處理及防護設備能力。
- 四、持續推動一定活度或比活度以下放射性廢棄物外釋作業，建立建築物解除管制量測技術，推廣應用於核電廠例行運轉或設備更新產生放射性廢棄物減量與資源回收再利用，大幅減少低放處置費用。
- 五、精進本土型大型放射性廢棄物量測儀器之核種分析與辨識功能，經由標準校正與驗證程序，確保放射性廢棄物的量測精準度與品質。依據我國現有放射性廢棄物類型、核種型態及作業需求，研製解除管制箱型量測系統，自行設計抽拉式箱型量測箱體結構、製造箱體、屏蔽鉛體施工、偵檢體定位安裝及電控設計連線測試，逐步完成實施。開發在地性本土化大型放射性廢棄物量測儀器，可推廣與技轉國內廠商，增進產業競增力。
- 六、與主管機關及實驗室認證體系合作，持續推動我國放射性廢棄物解除管制量測能力試驗計畫，建立量測追溯體系，確保放射性廢棄物活度量測分析結果的品質，使具公信力。
- 七、在既有輕量型廢棄射源整備檢驗設備技術基礎上，接續研發建置高活度放射性廢棄物天車遙控多節式抓取裝置及附屬設備，來年進行整合測試及現場實作，完成後可提昇國內業者製作高活度放射性廢棄物整

- 備相關設備之能力，未來可應用於核電廠產生高活度放射性廢棄物之整備檢驗或處理。
- 八、有鑑於放射性廢棄物處理作業人員除需受基本訓練，尚需取得相關證照，才能進行放射性廢棄物設施操作，盼持續不斷有年輕新血加入以傳承經驗，確保廢棄物設施管理運作之穩定及相關作業運作之安全。
- 九、小產源廢液為成分複雜之有機與無機混合廢液，期望利用整合已開發之多種成熟技術處理此類廢液，但仍有許多實際操作上的瓶頸尚待克服，因此未來將朝此方面進行檢討與改良，以順利達成減容排放。
- 十、針對廢水中鋇、鈾系元素及其它金屬離子如 Sr、Co、Cs 等，自行合成多種無機吸附劑，經測試吸附率可達 99% 以上，吸附容量較市售之效果更佳，製備成本亦較低廉。未來俟技術成熟及完成專利佈局，將朝技術移轉民間企業量產方向努力。
- 十一、國內小產源廢棄物來自各行業使用不同型態之放射性物質，亦因此產生各種型態之廢棄物，本計畫將以能順利固化與安定化之廢棄物為對象，進行首批之最終處置整備作業之推動。後續將配合國內法規之精進訂定，陸續發展不易安定化廢棄物之最終處置整備技術，期望所有小產源廢棄物均能順利進入最終處置場，有效解決國內各行業使用放射性物質所產生廢棄物之問題。
- 十二、德國 KONRAD 處置場預計近年內進行營運及接收廢棄物，並已於 2010 年公布接收標準草案，目前營運單位(Bfs)、核電廠及研究機構均針對滿足廢棄物接收程序之作法進行溝通協調與先期作業，以 Waste Management 國際研討會為例，於 2010-2011 年有超過 10 篇論文針對如何滿足處置場接收要求與相關法規下，順利完成廢棄物最終處置。其中針對有害物質部分，亦有多篇論文進行說明，相對國內過去著重於核種及固化體機械性質等要求，值得國內管制單位及廢棄物產生者借鏡及參考。
- 十三、推動國際合作，吸收國際經驗，培育長程人力
- (一)在台美核能合作會議下持續進行技術交流，與美國 DOE 多處實驗室合作。用過燃料安定化等工作已顯現成效，目前與 LANL 就物料盤存技術(SPCC、BPCC)緊密合作。
- (二)參加 OECD/NEA 除役合作計畫(CPD)，核研所以非 NEA 會員國而能參與為 CPD 正式會員，並派員出席 CPD/TAG50 於義大利召開之

- 會議，以建立技術交流管道與吸收國際除役經驗。
- (三)持續參與「東亞放射性廢棄物管理論壇(EAFORM)」，建立與日本、韓國及中國大陸等相關單位機構之區域技術合作平台。
- (四)對於技術推廣除持續協助國內核電廠建立減容與安定化商轉實蹟，亦對大陸方面加強進行技術宣傳，以及輔導技術授權廠商開發拓展相關市場。

填表人：莊文壽 聯絡電話：03-4711400 轉 5600 傳真電話：03-4711411

E-mail：wschuang@iner.gov.tw

主管簽名：邱太銘

附錄一、佐證資料表

計畫名稱：核電能源系統生命週期之放射性廢棄物管理技術發展與應用

【A 學術成就表】

中文題名	第一作者	發表年 (西元年)	文獻類別	引用情形	獲獎情形	論文出處
超臨界水氧化程序處理有機廢棄物之發展與應用	陳昭睿	2011	a 國內一般期刊	N 否	N 否	化工技術，214 期，頁 86-99
台灣研究用反應器爐體除役之規劃研究	李崙暉	2011	a 國內一般期刊	N 否	N 否	台電核能月刊，344 期，頁 40-52
對天然放射性強度、相關聯的劑量率和臺灣使用統計分析土壤中的輻射危害評價理化性質的影響	蔡翠玲	2011	d 國外重要期刊	Y1 被論文引用	N 否	Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry，288 卷，3期，頁 927-936
低分子量有機酸對污染土壤 137 釋放的影響	王正忠	2011	d 國外重要期刊	N 否	N 否	Applied Radiation and Isotopes，69 卷，6期，頁 844-851
花崗岩中的放射性多核種傳輸的衰變鏈研究：以用過核燃料的最終處置為例	施清芳	2011	d 國外重要期刊	N 否	N 否	Water Air and Soil Pollution，215 卷，1-4期，頁 205-219
北投溪之水化學與核種特性	蔡翠玲	2011	d 國外重要期刊	N 否	N 否	Radiation Measurements，46 卷，5期，頁 561-564
鈾粉移貯鉛罐組掉落動態分析	林邦俊	2010	e 國內研討會	N 否	N 否	中國機械工程學會 CSME 第 27 屆全國學術研討會
以智慧型控制進行三維吊車操作設計	李崙暉	2011	e 國內研討會	N 否	N 否	2011 中華民國系統科學與工程研討會
矽酸銻模擬吸附放射性核種研究	莊禮璟	2011	e 國內研討會	N 否	N 否	中國材料科學學會年會
室內氬氣濃度的量測與比對分析	林琦峰	2011	e 國內研討會	N 否	N 否	2011 環境分析化學研討會
參加 2010 年環境試樣放射性核種分析能力試驗比對結果	彭恩琪	2011	e 國內研討會	N 否	N 否	2011 環境分析化學研討會
台灣室內氬濃度的量測與驗證	林琦峰	2011	e 國內研討會	N 否	N 否	2011 年游離輻射量測能力試驗研討會
米樣參考試樣配置方法建立	彭恩琪	2011	e 國內研討會	N 否	N 否	2011 年游離輻射量測能力試驗研討會

中文題名	第一作者	發表年 (西元年)	文獻類別	引用情形	獲獎情形	論文出處
大面積表面污染比例型偵檢儀器進行改裝測試結果	林建功	2011	e 國內研討會	N 否	N 否	2011 年游離輻射量測能力試驗研討會
以液體閃爍法精進總阿伐貝他活度量測	林琦峰	2010	f 國際研討會	N 否	N 否	2010 輻射劑量暨安全國際會議(2010 International Conference on Radiation Dosimetry and Safety)
台灣牡蠣中鈾 210 攝食劑量	李繡偉	2010	f 國際研討會	N 否	N 否	2010 輻射劑量暨安全國際會議(2010 International Conference on Radiation Dosimetry and Safety)
澆鑄作業逸散氣膠放射特性及細胞毒性之研究	王正忠	2011	f 國際研討會	N 否	N 否	2011 年工業衛生暨環境職業醫學國際研討會
台灣室內氬濃度的量測與驗證	林琦峰	2011	f 國際研討會	N 否	N 否	Health Physics Societ 56th Annual Meeting. West Palm Beach, Florida, USA
水樣之總阿伐貝他活度量測替代方案的適用性評估	林琦峰	2011	f 國際研討會	N 否	N 否	International Conference on Radionuclide Metrology and its Applications, Tsukuba, Japan
台灣放射性廢棄物外釋現況	邱鎰盛	2011	f 國際研討會	N 否	N 否	2011 兩岸核電廢物管理研討會(中國北京)
應用於放射性廢水處理之高效能無機吸附劑發展	鍾人傑	2011	f 國際研討會	N 否	N 否	2011 兩岸核電廢物管理研討會(中國北京)
超臨界水氧化應用於放射性有機廢棄物處理之研究	陳昭睿	2011	f 國際研討會	N 否	N 否	2011 兩岸核電廢物管理研討會(中國北京)

註：文獻類別分成 a 國內一般期刊、b 國內重要期刊、c 國外一般期刊、d 國外重要期刊、e 國內研討會、f 國際研討會、g 著作專書；引用情形分成 Y1 被論文引用、Y2 被專利引用、N 否；獲獎情形分成 Y 有獲獎、N 否；論文出處列出期刊名稱，卷期，頁(如科學發展月刊，409 期，頁 6-15)

【C 培育人才表】

姓名	學歷	機構名稱	指導教授
邱逸翔	b 碩士	中原大學電機工程學系	張政元
鄭為中	b 碩士	中原大學電機工程學系	張政元

姓名	學歷	機構名稱	指導教授
林楷倫	a 博士	中興大學化學系	李豐穎
陳星宇	a 博士	中興大學化學系	李豐穎
王清海	a 博士	清華大學核工所	衛元耀
李奕賢	a 博士	中央大學應用地質研究所	倪春發
李唯祺	a 博士	中央大學應用地質研究所	倪春發
廖崇翔	b 碩士	中央大學應用地質研究所	陳瑞昇

註：學歷分成 a 博士、b 碩士

【D 研究報告表】

報告名稱	作者姓名	出版年 (西元年)	出版單位
超音波輔助費頓法降解有機廢液之研究	羅仕瀚；陳又平	2010	核能研究所
具金屬螯合功能之表面修飾奈米無機材料的製備與特性分析	楊文都；黃新雅；周青南	2010	核能研究所
六價鐵於高濃度頑抗有機廢液處理技術之研究	姚品全	2010	核能研究所
超 C 類廢樹脂減容與安定化處理之最適化程序研擬及方案規劃	陳又平	2010	核能研究所
高活度廢棄物整備分類與再包裝技術整體規劃	張國威；連榮凱；解志強；謝禎倫；蔡光福	2011	核能研究所
九十九年環境試樣放射性核種分析能力試驗總結報告	王正忠；彭恩琪	2011	核能研究所
小產源放射性有機廢液處理方法之可行性評估報告	陳又平；沈錦昌；廖啓宏；陳昭睿；羅仕瀚	2011	核能研究所
ICRP 對於核子意外或輻射緊急事故後生活於長期受污染地區的民眾防	王正忠	2011	核能研究所

報告名稱	作者姓名	出版年 (西元年)	出版單位
護建議 (ICRP-111)			
C-14 標準分析法和研究發展概況	莊子函	2011	核能研究所
012 館廢棄除污劑固化流程控制計畫書(part1 設備部份)	林國明；吳明興；陶鈞德；廖啓宏；魏聰揚；鍾人傑	2011	核能研究所
碘化鈉偵檢器暨 FNS99 組件在廢棄物解除管制上之應用	林國楨；劉懋鑫；林崇智	2011	核能研究所
鑼鋼系元素放射性廢液處理系統設計建置與測試	甘金相；鍾人傑	2011	核能研究所
地下水核種遷移之模擬與評估(II)	施清芳；莊怡芳	2011	核能研究所
超臨界流體技術應用於生質柴油製備	陳昭睿；張傑明；陳威衡；陳慶鴻	2011	核能研究所
輻射彈事故操作型防護行動指引	武及蘭	2011	核能研究所
晶體與分子結構軟體 Diamond 於觸媒結構圖形繪製應用	沈錦昌	2011	核能研究所
小產源處置源項交運清單之研究	賴仁杰	2011	核能研究所
含氫廢液氣態排放模式可行性評估	林忠永；潘本立	2011	核能研究所
超臨界綠色技術應用於微藻保健原料產製	陳昭睿；張傑明	2011	核能研究所
緊急曝露狀態下 ICRP 民眾防護建議之應用(ICRP-109)	王正忠	2011	核能研究所
鑽石索鋸運用於 TRR 爐體金屬組件切割可行性研究	黃培祥；李崙暉	2011	核能研究所
鑽石索鋸切割工法應用於 TRR 爐體生物屏蔽拆除之規劃	李崙暉；李凌霄	2011	核能研究所
Cu-Fe-Ce-O 觸媒異相芬頓法降解有機廢離子交換樹脂	許銀茂	2011	核能研究所
IMBA 專業版軟體研究與案例分析	黃友禮	2011	核能研究所
012 館及 074 館建築物構造及 TRR 爐體現況變位檢核測量評估	郭子晉	2011	核能研究所

報告名稱	作者姓名	出版年 (西元年)	出版單位
以液體閃爍法測定水樣之總阿伐貝他活度	林琦峰；王正忠	2011	核能研究所
Weibull 分布函數之取樣技術	朱信忠	2011	核能研究所
生質原物料熱裂解效應探討	莊子函	2011	核能研究所
RESRAD-BIOTA 程式之使用說明	李碧芬	2011	核能研究所
低放射性廢棄物整備作業研究	陳智隆	2011	核能研究所
核電廠放射性廢棄物中銻的分析技術精進	蘇德晏；吳皓禎；林宗儀；張瑞生；魏華洲	2011	核能研究所
RESRAD-BASELINE 程式使用手冊	黃珮吉；林琦峰；武及蘭	2011	核能研究所
鬆動裝置應用於 TRR 組件拆除之概念設計	黃志中；李崙暉；黃培祥	2011	核能研究所
燃料池屋頂防漏改善工程規劃設計報告	吳秉榮	2011	核能研究所
水下切割水質過濾淨化技術研究	黃君平；廖浩然；黃培祥	2011	核能研究所
廢棄物活度監測之進料結構設計	劉懋鑫；林國楨；林崇智	2011	核能研究所
高放射活度 WA 廢酸之處理研究	潘本立；曹國浩；李詩義；蕭憲明	2011	核能研究所
建立銻-90 純貝他射源活度之校正及追溯技術	葉堅勇；袁明程；王正忠	2011	核能研究所
無機吸附劑模擬管柱流洗應用之初步評估測試	莊禮璟；陶鈞德；林國明；鍾人傑	2011	核能研究所
074 拆裝廠房擴建需求與介面影響評估	郭子晉	2011	核能研究所
輻射防護儀器-氦及氦子核量測儀-第 2 部分：氦量測儀的特殊要求	林琦峰；武及蘭	2011	核能研究所
TRR 燃料池池水淨化測試研究	林宗儀；黃君平	2011	核能研究所

報告名稱	作者姓名	出版年 (西元年)	出版單位
放射性廢材回收再利用情節人員劑量評估 RESRAD-RECYCLE 程式簡介與操作	彭恩琪；黃友禮	2011	核能研究所
AC-5 無機吸附劑:造粒與模擬廢液吸附測試	陶鈞德；林國明；鍾人傑	2011	核能研究所
高效率井型 NaI(Tl)偵檢器對於加馬點射源效率之校正	葉堅勇；王正忠；袁明程	2011	核能研究所
RESRAD 與 COMPASS 在解除管制之應用與輔助	林建功；邱鎧盛	2011	核能研究所
TRR 燃料池池水處理規劃報告	黃君平；張國源；喬凌寰；陳鴻斌	2011	核能研究所
Sr-90 於魚類中累積之研究	李碧芬；王正忠	2011	核能研究所
超純水系統與純化技術應用	莊子函	2011	核能研究所
小產源低放射性廢棄物交運處置資料庫系統規劃	陳誠一；賴仁杰	2011	核能研究所
輻射防護儀器-氬及氦子核量測儀-第 1 部分：一般原則	林琦峰；武及蘭	2011	核能研究所
核能研究所實驗型高導電度廢液蒸發處理設備熱試運轉計畫書	林忠永；潘本立；蔡光福	2011	核能研究所
TRR 燃料池中池及超音波清洗機拆除規劃報告	陳仲衡	2011	核能研究所
超低背景阿伐計測系統-Model3950/3950-4 作業程序書	李碧芬	2011	核能研究所
廢水中硝酸根離子去除方法探討	蕭憲明；潘本立	2011	核能研究所

【E 學術活動表】

研討會名稱	性質	舉辦(起-迄)日期 (YYYY/MM/DD)	主/協辦單位
2011 放射性廢棄物管理研討會	a	2011/08/18	核能研究所、中華核能學會/原能會物管局、台電公司、清華大學、工研院綠能所、核資中心、中興工程公司、益鼎工程公司

計畫成果效益

PE-002

研討會名稱	性質	舉辦(起-迄)日期 (YYYY/MM/DD)	主/協辦單位
核設施混凝土結構體拆除及減廢技術研討會	a	2011/11/16	核能研究所

註：性質分成 a 國內研討會、b 國際研討會、c 兩岸研討會

【G 智財資料表】

專利名稱	專利類別	授予國家	證書號碼	發明人	專利權人	有效(起-迄)期間 (YYYY/MM)
一種水底高放射性鈾粉之收集方法	a 發明專利	中華民國	發明第 I340052 號	張國源；許恆雄；馬力；鄭祖漢；陳忠生	核能研究所	2011/04/11-2028/04/30
低微放射性污染物表面除污裝置	a 發明專利	中華民國	發明第 I344155 號	張國源	核能研究所	2011/06/21-2027/07/31
用過高輻射金屬鈾燃料棒安定化處理方法	a 發明專利	中華民國	發明第 I346960 號	曹正熙；王嘉寶；朱德文；林俊良；胥耀華；劉允輝；林堂益；林盛裕；曾伸嶽；胡展榮；陳育英；徐汶彬；劉清士	核能研究所	2011/08/11-2027/09/19
桶型體射源校正假體及其校正方法	a 發明專利	中華民國	發明第 I348707 號	葉俊賢；袁明程	核能研究所	2011/09/11-2027/10/08
碘化鈉偵檢器量測之活度演算法	a 發明專利	中華民國 (申請中)	100113471(申請案號)	林國楨；林崇智；劉懋鑫；吳進益	核能研究所	2011/04/19(申請日期)
碘化鈉偵檢器量測所得能譜之活度計算方法	a 發明專利	美國 (申請中)	13/192,685(申請案號)	林國楨；林崇智；劉懋鑫；吳進益	核能研究所	2011/0728(申請日期)
水平舉昇鬆動裝置	a 發明專利	中華民國	100134505(申請案號)	李崙暉；黃培	核能研究所	2011/10/11(申請日期)

專利名稱	專利類別	授予國家	證書號碼	發明人	專利權人	有效(起-迄)期間 (YYYY/MM)
		(申請中)		祥；黃志中		
水平舉昇鬆動裝置	a 發明專利	美國 (申請中)	13/273,221(申請案號)	李崙暉；黃培祥；黃志中	核能研究所	2011/10/14(申請日期)
輔助進料機構	a 發明專利	美國 (申請中)	13/246,099(申請案號)	邱鎧盛；李繡偉；林琦峰	核能研究所	2011/10/11(申請日期)
化學及電化學除污裝置及其方法	a 發明專利	中華民國 (申請中)	100135378(申請案號)	林國明；甘金相；吳明興；魏聰揚；鍾人傑	核能研究所	2011/10/14(申請日期)
廢酸液之固化與安定之方法	a 發明專利	美國 (申請中)	13/277,280(申請案號)	張清土；黃慶村	核能研究所	2011/10/20(申請日期)

註：專利類別分成 a 發明專利、b 新型新式樣、c 商標、d 著作、智財；授予國家分成 a 中華民國、b 美國、c 歐洲、d 其他

【H 技術報告表】

報告名稱	作者姓名	出版年 (西元年)	出版單位
低放射性廢棄物處理廠廢棄物倉貯管理現況(99.05)	解志強；張國威；彭勝興；羅立志；鄭豫謙；江枝安；張峰榮	2010	核能研究所
低放射性廢棄物處理廠廢棄物倉貯管理現況(99.06)	解志強；張國威；彭勝興；羅立志；鄭豫謙；江枝安；張峰榮	2010	核能研究所
低放射性廢棄物處理廠廢棄物倉貯管理現況(99.07)	解志強；張國威；彭勝興；羅立志；鄭豫謙；江枝安；張峰榮	2010	核能研究所
低放射性廢棄物處理廠廢棄物倉貯管理現況(99.08)	解志強；張國威；彭勝興；羅立志；鄭豫謙；江枝安；張峰榮	2010	核能研究所
參訪美國 Diversified Technologies Services (DTS)公司與參加第十七屆太平洋盆地核能會議(PBNC)及第三屆東亞放射性廢棄物管理論壇(EAFORM)	黃慶村；廖啓宏	2010	核能研究所

報告名稱	作者姓名	出版年 (西元年)	出版單位
參加放射性廢棄物處理技術研討會與設施參訪出國報告	黃慶村	2011	核能研究所
箱型固態廢棄物加馬比活度監測系統軟體設計	林崇智；劉懋鑫；林國楨	2011	核能研究所
低放射性廢棄物處理廠廢棄物倉貯管理現況(99.09)	解志強；張國威；彭勝興；羅立志；鄭豫謙；江枝安；張峰榮	2011	核能研究所
低放射性廢棄物處理廠廢棄物倉貯管理現況(99.10)	解志強；張國威；彭勝興；羅立志；鄭豫謙；江枝安；張峰榮	2011	核能研究所
低放射性廢棄物處理廠廢棄物倉貯管理現況(99.11)	解志強；張國威；彭勝興；羅立志；鄭豫謙；江枝安；張峰榮	2011	核能研究所
低放射性廢棄物處理廠廢棄物倉貯管理現況(99.12)	解志強；張國威；彭勝興；羅立志；鄭豫謙；江枝安；張峰榮	2011	核能研究所
低放射性廢棄物處理廠廢棄物倉貯管理現況(100.01)	解志強；張國威；彭勝興；羅立志；鄭豫謙；江枝安；張峰榮	2011	核能研究所
OECD/NEA 核設施除役合作計畫(CPD)第 50 屆技術諮詢組(TAG)會議	陳鴻斌	2011	核能研究所
美國 WIPP 超鈾廢棄物處置場管理經驗與 TRR 燃料池廢樹脂清理技術考量	黃君平；張國源；廖浩然	2011	核能研究所
手提電冷式純銻量測系統安裝保養作業規範	邱鎧盛	2011	核能研究所
燃料池屋頂防漏改善工程廢棄物放行作業執行規劃書	吳秉榮	2011	核能研究所
手提電冷式純銻量測系統標準作業規範	邱鎧盛	2011	核能研究所
TRR 廢樹脂分裝運貯設計與規劃	張國源	2011	核能研究所
TRR 反應槽氬氣檢測作業程序書	陳怡昌；李崙暉	2011	核能研究所
整廠儀電系統之需求與設計	石有成	2011	核能研究所
TRR 燃料安定化計畫-鈾粉安定化程序驗證測試計畫書	林俊良；胥耀華；鄭世中	2011	核能研究所
TRR 燃料池鉛屏蔽罩之屏蔽驗證報告	朱信旗	2011	核能研究所

報告名稱	作者姓名	出版年 (西元年)	出版單位
大面積污染總阿伐/貝他偵測儀操作程序書	林建功；邱鎧盛	2011	核能研究所
ISOCART 桶型量測操作標準作業規範	林建功；邱鎧盛	2011	核能研究所
實驗型高導電度廢液蒸發處理設備冷試車操作程序書	林忠永；潘本立；蔡光福	2011	核能研究所

【J 技術移轉表】

技術名稱	類別	授權單位	被授權廠商 或機構	權利金(千元)	合約有效起-迄期間(YYYY/MM)

註：類別分成 a 先期技術移轉、b 軟體授權、c 技術移轉、d 新技術/新品種引進數

【S 技術服務表】

技術服務名稱	服務對象名稱	服務對象類別	服務收入(千元)
高效率固化劑銷售	台電核三廠	c	950
放射性廢棄物接收處理服務	全國各業界	a, c	7,282
用過核子燃料最終處置計畫潛在母岩特性調查與評估階段-發展初步功能/安全評估技術	台電後端處	c	16,617
廢粒狀離子交換樹脂濕式氧化暨高效率固化系統	台電核二廠	c	83,571
耐 100 年結構完整性之混凝土處置容器研究	台電核二廠	c	17,714
建立核能電廠廠區地下水傳輸基準版概念模式	台電核發處	c	3,362
低放射性廢棄物難測核種分析技術精進	台電後端處	c	2,820
引進國外先進低放射性廢棄物處理技術可行方案評估(II)	台電後端處	c	3,660

計畫成果效益

PE-002

技術服務名稱	服務對象名稱	服務對象類別	服務收入(千元)
低放射性廢棄物坑道處置安全評估關鍵議題初步探討	原能會物管局	c	400
低放射性廢棄物均勻固化體之法規精進與測試方法建立	原能會物管局	c	450

註：服務對象類別分成 a 國內廠商、b 國外廠商、c 其他

附錄二、佐證照片圖表

一、大型核能組件拆除工法及安全評估技術研究



圖一、鑽石索鋸混凝土塊切割(插入式)



圖二、鑽石索鋸混凝土塊切割(傳統式)



圖三、水中金屬切割水池



圖四、水中金屬切割實驗試片



圖五、混凝土及金屬切割實驗樣本
做水質過濾淨化分析



圖六、金屬屑及混凝土屑送驗樣本

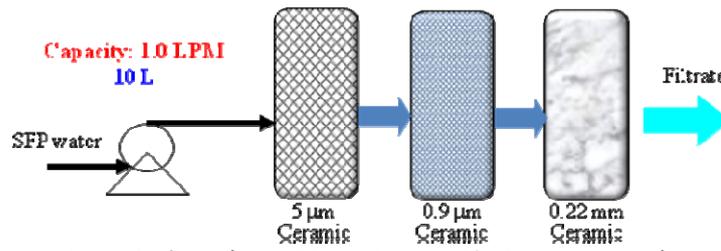


圖七、012 & 074 館垂直點位測量

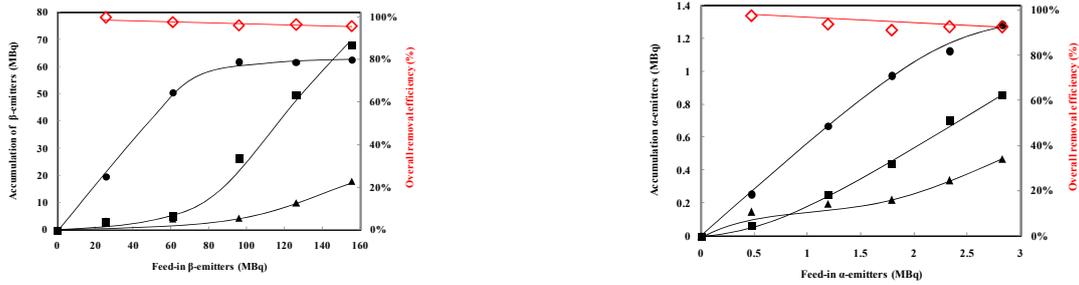


圖八、氬氣取樣裝置

二、用過核子燃料廠內濕式貯存設施污染處理技術研究



圖一、利用無機濾材處理 50 L 池水之累積活度與總處理效率



圖二、利用無機濾材處理池水固體微粒及放射性核種之結果(5 L)



圖三、於大廳半樓設置燃料池風管、外氣空調箱、排風機及濾層裝置



圖四、燃料池廠房之風管、隔離間濾層裝置及 2hp 排風機



圖五、燃料池屋頂防漏改善工程(改善前)



圖六、燃料池屋頂防漏改善工程(改善後)



圖七、燃料池側面拆除工程(改善前)

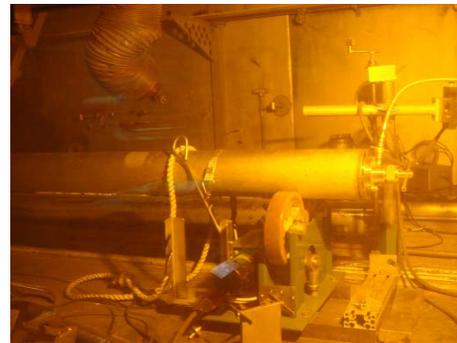
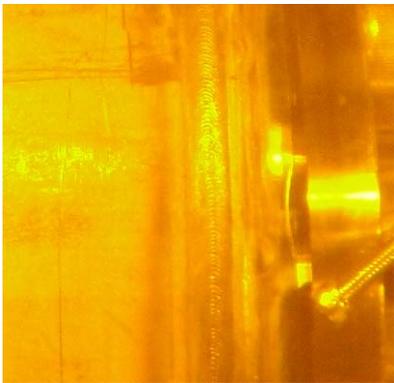


圖八、燃料池側面拆除工程(改善後)

三、用過核子燃料熱室處理技術研究



圖一、核子燃料熱室切割作業

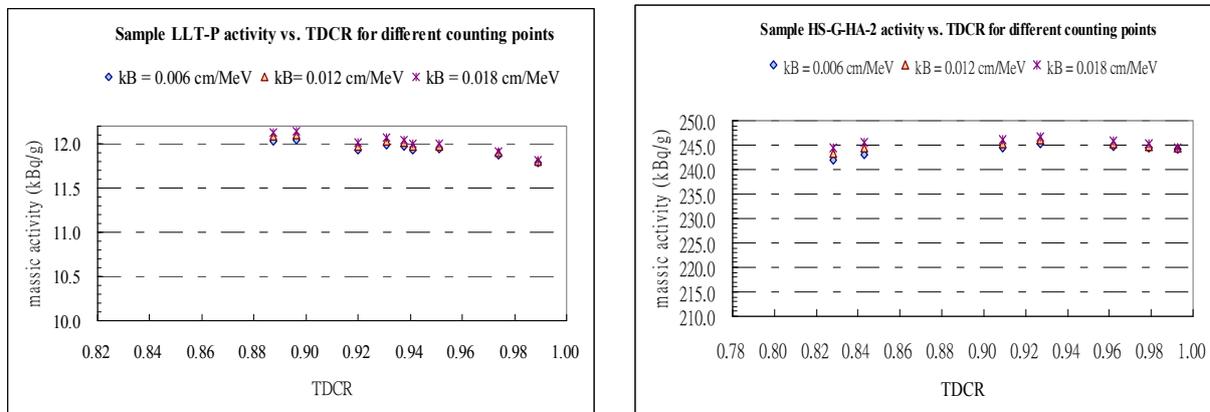


圖二、粉末外罐封銲測漏作業

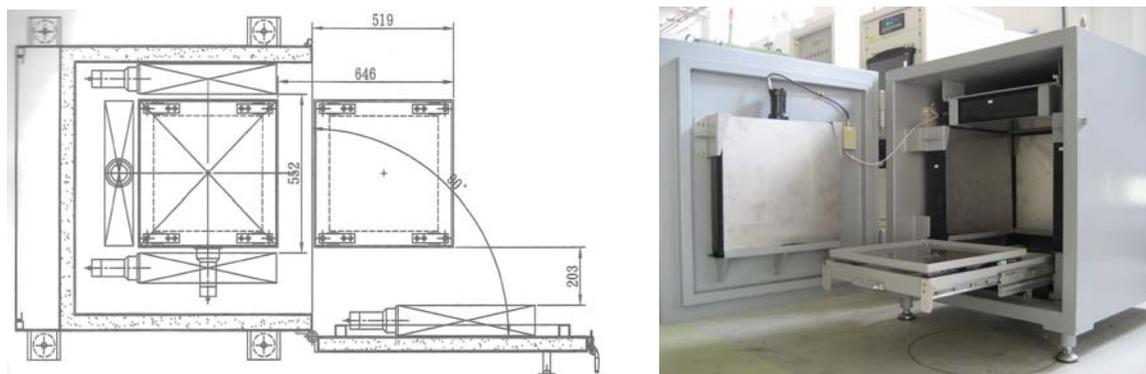


圖三、粉末外罐移貯貯存護箱作業

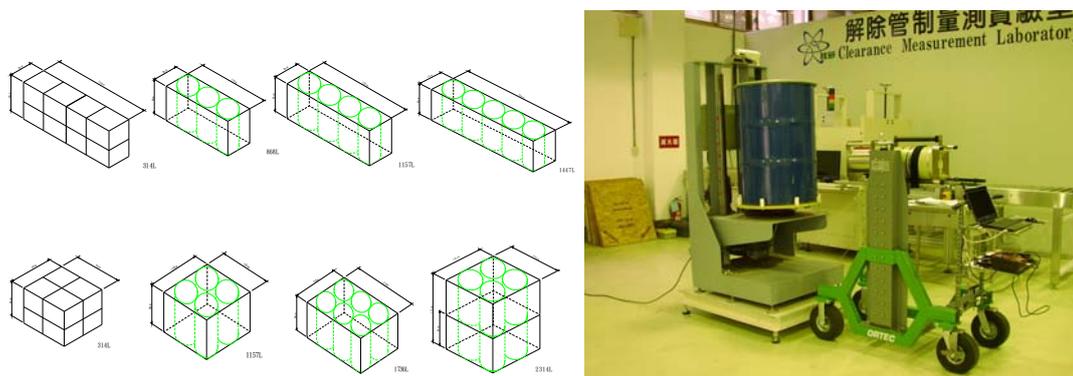
四、解除管制量測驗技術與儀器研發推廣



圖一、三光電管液體閃爍計數儀(TDCR)方法與 Sr-90 低、中標準活度比較結果



圖二、自製抽拉式箱型量測箱體結構



圖三、ISOCART 量測系統測試與標準件量測

五、高活度廢棄物分類與再包裝技術建立



圖一、地下庫高活度放射性廢棄物天車遙控多節式抓取裝置



圖二、地下庫高活度放射性廢棄物方型窖 8 公分厚軌道活動式鉛屏蔽蓋



圖三、55 加侖屏蔽桶再包裝高活度放射性廢棄物容器

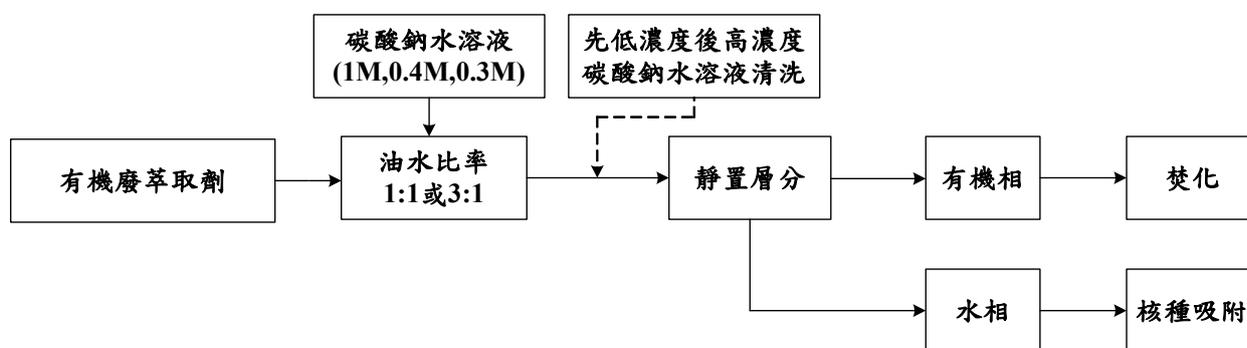


圖四、55 加侖屏蔽桶再包裝高活度放射性廢棄物之傳送容器

六、放射性無機廢液處理技術研究

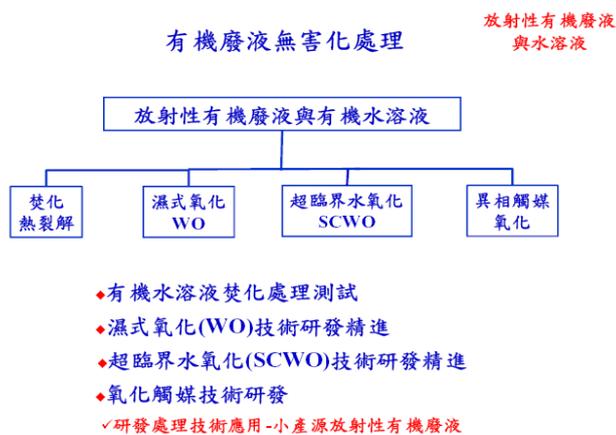


圖一、強酸廢液處理設備新增 Cs-137 及 Sr-90 吸附管柱、攝影監視器裝置

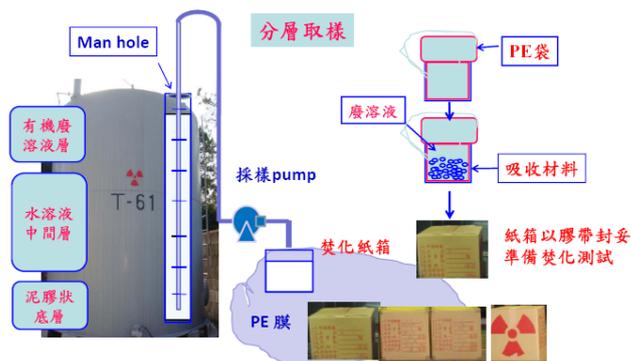


圖二、有機廢萃取劑處理流程及第三相之產生

七、放射性有機廢液處理技術研究



圖一、放射性有機廢液之處理策略



圖二、放射性有機廢液採集與處理測試

WO處理測試

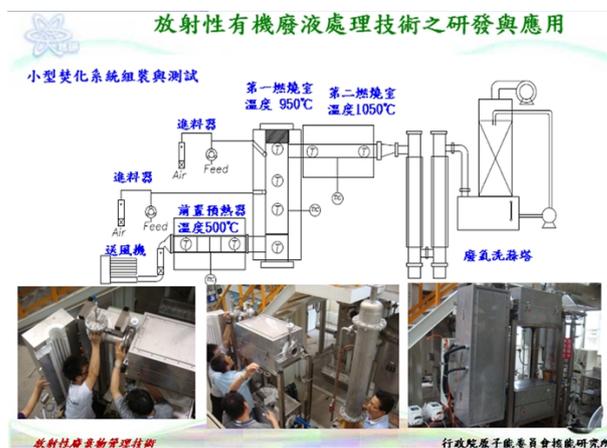
	Fe ²⁺ [M]	H ₂ O ₂ ml	Time 30 min	Time 40 min	Time 60 min	60 min 降解率(%)
1	0.06 M	20 ml		2396	2414	87.8
2	0.06 M	50 ml	2210	2010	1560	92.1
3	0.1 M	50 ml	230	147	155	99.2
4	0.1 M	60 ml	253	174	176	99.1
5	0.12 M	60 ml	135	115	117	99.4
6	0.12M	70 ml	112	98	91	99.5



放射性水溶液廢液

TOC起始濃度 19720 ppm
H₂O₂ 添加速率 2mL/min

圖三、放射性有機水溶液濕式氧化測試



圖四、小型廢液焚化系統組裝與單元測試

八、銅銻系廢水處理技術研究



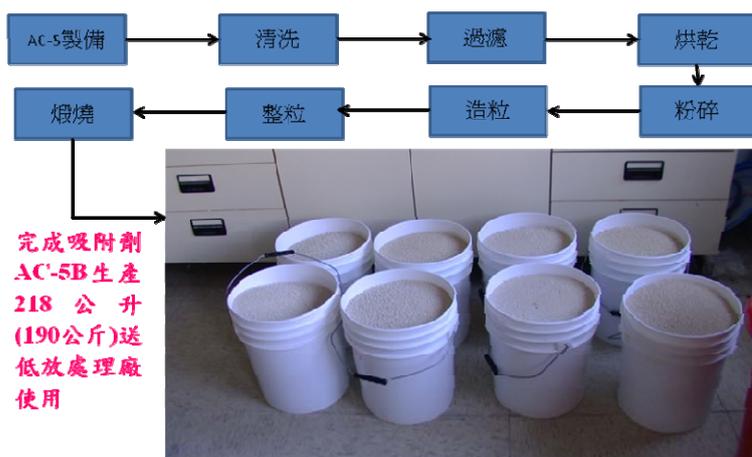
圖一、完成吸附劑 AC-1~AC-5 之製備並結合無機載體

• 完成吸附劑AC-5、AC-5B吸附效能測試

AC-5 吸附效能				AC-5B 吸附效能			
編號	吸附前 (ppb)	吸附後 (ppb)	吸附率 (%)	編號	吸附前 (ppb)	吸附後 (ppb)	吸附率 (%)
Eu	25000	0	100	Eu	54280	90	100
Gd	25000	0	100	Gd	50530	130	100
La	25000	0	100	La	67410	6330	91
Sm	25000	17.5	99.9	Sm	69530	120	100
Y	25000	6.4	99.9	Y	47250	140	100
Ce	25000	47.6	99.8	Ce	62620	4170	93
Nd	25000	0	100	Nd	71120	390	99
Sr	25000	0	100	Sr	52690	23890	55
Co	25000	0	100	Co	48840	22630	54
Cs	100000	19.6	99.9	Cs	138000	8900	94

圖二、AC-5、AC-5B 吸附劑吸附效能測試結果

• 完成吸附劑(AC-5B)生產程序



圖三、AC-5B 吸附劑小量產製成品



AC-5B用於洗滌廢液現場吸附測試結果

流速 (L/h)	分析項別	處理前 (Bq/L)	處理後 (Bq/L)	DF 值	累積處理量 (L)
600	Cs-137	2210	5	442	20,000

備註：1、設備為60 L活性碳床+60 L離子交換床
 2、依海陸福射防護安全標準附表四之二
 Cs-137 在水中釋放限值為70.2Bq/L

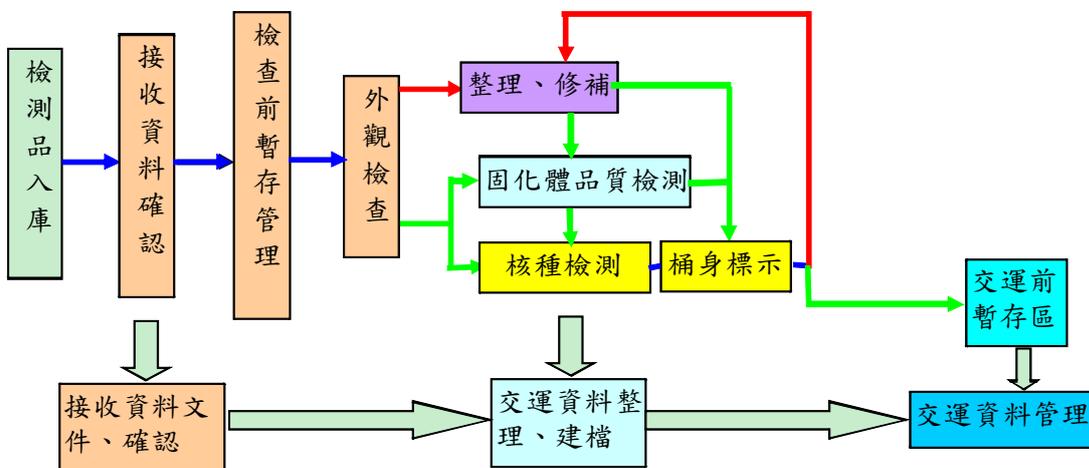
洗滌廢液吸附測試設備

圖四、AC-5B 吸附劑實際廢液測試

九、最終處置前廢棄物整備管理技術研究

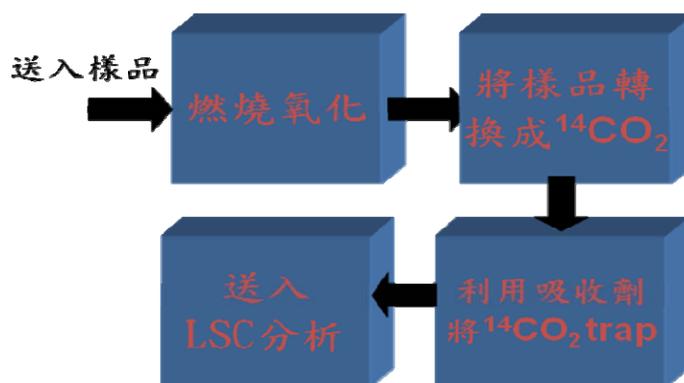


圖一、非放射性 100 ppm Cs 核種擴散實驗

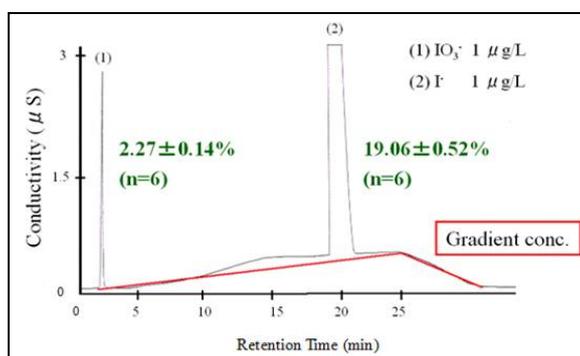


圖二、整備作業流程初步規劃略圖

十、放射性廢棄物特性鑑定及核種活度分析技術研究



圖一、固態樣品 C-14 分析系統設備建立及測試示意圖



參考文獻	樣本	偵測方法	偵測極限	使用的樹脂/管柱	前處理方法
1	牛奶樣本	ICP-QMS	sub ppb	陽離子交換樹脂 Dionex OnGuard-H™	鹼性消化
2	環境樣本	ICP-MS	8x10 ⁻⁴ ppb	-	加熱管氣化
3	土壤樣本	UV photochemical generation ICP-MS	8.75 x10 ⁻³ ppb	-	高溫爐加熱氣化
4	海底淤泥	ICP-MS	4 x10 ⁻⁴ ppb	-	加熱管氣化
5	環境樣本/SRM	ICP-MS	10 ⁻² ppb	Spectrasol CFA-C 做沖洗液之樹脂	30% KOH與3% KNO ₃ 萃取
6	昆布樣本	IC-ICP-MS	1-2 x10 ⁻³ ppb	陰離子交換樹脂 Hamilton PRP-X100	65% m/m HNO ₃ 消化
7	核廢料樣本	IC-ICP-MS IC-BETA COUNTER	2 ppb	CS-5	1% HNO ₃
8	核廢料樣本	IC-ICP-MS	50 ppb	CS-5 and CS-10 cation-exchange columns	HNO ₃ & Milli-Q water for dilution
9	環境樣本	ICP-QMS	5x10 ⁻² ppb	-	鹼性消化 液液萃取
本實驗	空白添加	IC-ICP-MS	3x10 ⁻² ppb	陰離子交換樹脂 Dionex AS-11	微波消化

圖二、I-129 分析前處理研究-離子層析儀分離最佳條件測試流洗圖譜及效能比較

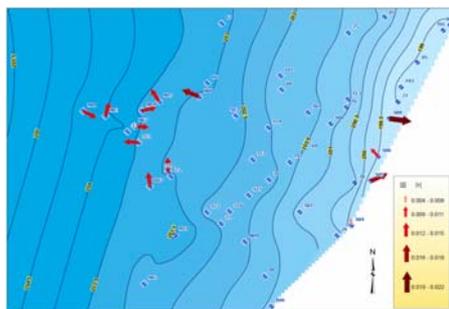
十一、場址水文地質環境監測與評估技術研究



圖一、取樣孔鑽鑿作業



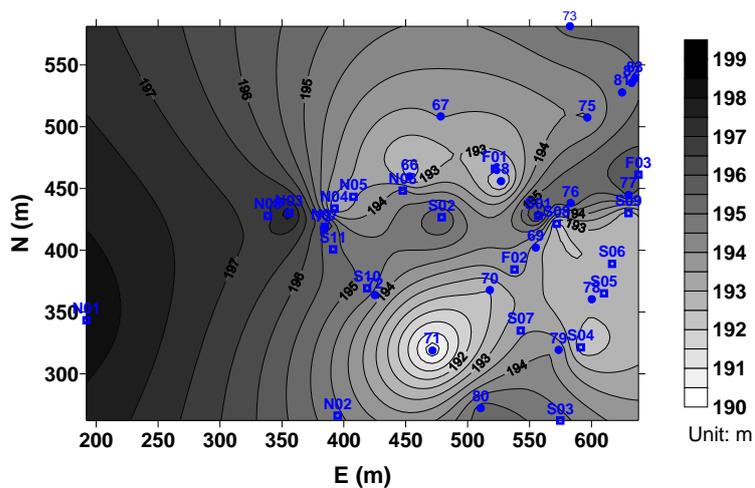
圖二、建置地下水傳輸整治水力設備進行環境水文地質監控



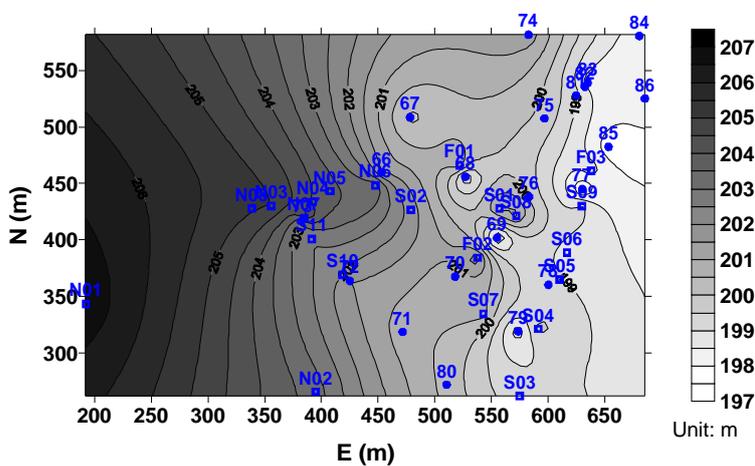
圖三、地下水流速流向量測



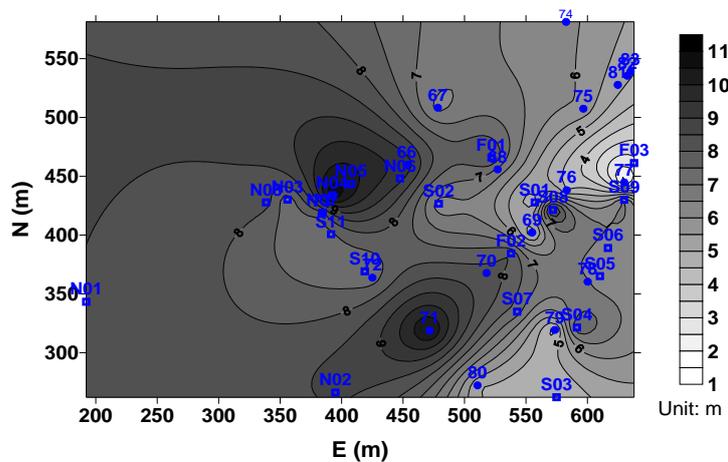
圖四、地下水流場模擬



圖五、分析砂岩層基盤高程



圖六、地下水水位觀測



附錄三、100 年度期中審查意見回覆辦理情形

100 年度科技計畫期中成果效益報告審查委員意見回覆辦理情形

計畫名稱	核電能源系統生命週期之放射性廢棄物管理技術發展與應用		
主管機關	行政院原子能委員會	執行單位	核能研究所
回覆審查委員意見承諾改進強化項目	辦理情形		
一、Pg 5(二)之 3 第四行"降級脫附流洗所得含 TRU 核種廢液之吸附"閱讀困難。	已修訂為："並將其應用於超 C 類廢樹脂處理過程所產生含 TRU 核種廢液之吸附"。		
二、專利申請較預期值落後，宜強化推動。	本年度已提出 7 件專利申請，其中申請我國專利 3 件，申請美國專利 4 件；獲得我國專利 4 件。稍低於預期值，下年度將強化推動。		
三、用過燃料安定化只完成 19/39 是否應加快腳步。	原規劃存放燃料池收集之鈾粉罐於熱室 92 空間，因必須作為核三廠反應器壓力槽監視計畫使用而更改存放地點為熱室 91。由於熱室 91 清理作業與重型機械手故障耽擱 4 個月，導致今年度規劃完成安定化處理 9 支用過燃料棒下修為 5 支(第 19-23 支)，已於 12 月中旬順利達成(23/39)；隨即接收 5 支用過燃料棒進入熱室，並且積極改善輔助工具有效加速處理作業，目前第 24 支燃料已完成切割，準備進行安定化熱處理作業，年底將可完成 60%(24/39)。102 年可完成 39 支燃料棒安定化處理，之後開始執行燃料池鈾粉安定化作業，預計 104 年完成。		
四、技術報告含現況報告 9 本、作業報告 1 本、出國報告 2 本、程序書 3 本，設計類及改善類僅得 2 本，建議強化此類報告或綜合規劃類技術報告。	本年度設計類及改善類共 10 本，其中 5 本歸在研究報告類，5 本歸在技術報告類。未來將遵照建議持續加強設計類相關報告或綜合規劃類技術報告之撰寫。		

附錄四、100 年度期末審查意見回覆

核能研究所 100 年度科技計畫期末成果效益報告審查委員意見及回復表

計畫名稱：核電能源系統生命週期之放射性廢棄物管理技術發展與應用	
審查單位：核能研究所	
審查委員意見	回覆說明
<p>1. 年度質化總目標合理達成。惟年度質化目標為 100~103 年計畫之初始年，重大挑戰仍未面對，宜注意來年質化目標之達成情形。</p> <p>2. 技術創新項目未來可期收益未見明確，此項目應再加強規劃及鼓勵同仁注意。</p> <p>3. 因應核一、二、三廠除役壓力增加，來年研發重點宜朝除役規劃及除役技術強化，處理及處置技術若台電無近期之需求，宜考慮轉移部份寶貴人力及資源、小產源及高效廢棄物方面亦宜同步考量。</p>	<p>感謝審查委員提點，將遵照意見注意計畫來年質化目標之達成。</p> <p>感謝審查委員期勉，將加強研發具有可產生專利智財或可移轉之潛力的創新技術項目。</p> <p>計畫自 101 年度起除原定執行工作外，配合核一廠除役需求亦已規劃同步參與核一廠除役計畫工作規劃，包括拆除工法、系統除污方法、廢棄物盤點與暫貯規劃、高低放處置等除役策略規劃，以及瞭解並確定廠址特性調查之現況、除役資訊系統架構建立、廠址輻射歷史資料蒐集/研判與規劃等廠址特性初步調查。</p>